



PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

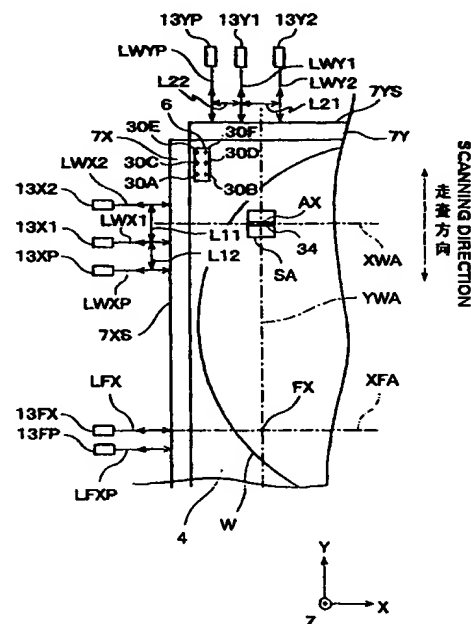
(51) 国際特許分類7 G01B 11/24, H01L 21/027, G03F 9/00	A1	(11) 国際公開番号 WO00/22376	(43) 国際公開日 2000年4月20日(20.04.00)
(21) 国際出願番号 PCT/JP99/05640		(81) 指定国 AE, AL, AU, BA, BB, BG, BR, CA, CN, CR, CU, CZ, DM, EE, GD, GE, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KR, LC, LK, LR, LT, LV, MA, MG, MK, MN, MX, NO, NZ, PL, RO, SG, SI, SK, TR, TT, TZ, UA, US, UZ, VN, YU, ZA, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), ARIPO特許 (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM)	
(22) 国際出願日 1999年10月13日(13.10.99)			
(30) 優先権データ 特願平10/291779 1998年10月14日(14.10.98)	JP		
(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 株式会社 ニコン(NIKON CORPORATION)[JP/JP] 〒100-8331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 Tokyo, (JP)			
(72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ) 西 健爾(NISHI, Kenji)[JP/JP] 〒100-8331 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社 ニコン内 Tokyo, (JP)			
(74) 代理人 立石篤司(TATEISHI, Atsuji) 〒194-0013 東京都町田市原町田5丁目4番20号 パセオビル5階 Tokyo, (JP)			
		添付公開書類 国際調査報告書	

(54)Title: SHAPE MEASURING METHOD AND SHAPE MEASURING DEVICE, POSITION CONTROL METHOD, STAGE DEVICE, EXPOSURE APPARATUS AND METHOD FOR PRODUCING EXPOSURE APPARATUS, AND DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING DEVICE

(54)発明の名称 形状計測方法及び形状計測装置、位置制御方法、ステージ装置、露光装置及び露光装置の製造方法、並びにデバイス及びデバイスの製造方法

(57) Abstract

The shape of a reflecting surface (7XS) provided on a moving object (4) moving along a reference plane is linearly measured in the direction where the reflecting surface (7XS) extends at different points on a line perpendicular to the reference plane to obtain the shape of the reflecting surface (7XS). At least one of the position and posture of the moving object (4) is precisely controlled on the basis of the shape information thus collected, information on the two-dimensional position of the moving object (4), and information on the tilt of the reflecting surface (7XS).



(57)要約

基準平面に沿って移動する移動体（４）に設けられた反射面（７×Ｓ）について、基準平面の直交方向に関する複数の異なる位置それぞれにおける反射面（７×Ｓ）が延びる方向に沿った１次元形状を計測することにより、反射面（７×Ｓ）の形状を計測する。こうして求められた形状情報と、移動体（４）の２次元位置情報と、反射面（７×Ｓ）のチルト情報とに基づいて、移動体（４）の位置及び姿勢の少なくとも一方を精度良く制御する。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	DM	ドミニカ	KZ	カザフスタン	RU	ロシア
AL	アルバニア	EE	エストニア	LC	セントルシア	SD	スーダン
AM	アルメニア	ES	スペイン	LI	リヒテンシュタイン	SE	スウェーデン
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LK	スリ・ランカ	SG	シンガポール
AU	オーストラリア	FR	フランス	LR	リベリア	SI	スロヴェニア
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LS	レソト	SK	スロヴァキア
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB	英国	LT	リトアニア	SL	シエラ・レオネ
BB	バルバドス	GD	グレナダ	LU	ルクセンブルグ	SN	セネガル
BE	ベルギー	GE	グルジア	LV	ラトヴィア	SZ	スワジランド
BF	ブルキナ・ファソ	GH	ガーナ	MA	モロッコ	TD	チャード
BG	ブルガリア	GM	ガンビア	MC	モナコ	TG	トーゴ
BJ	ベナン	GN	ギニア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BR	ブラジル	GW	ギニア・ビサウ	MG	マダガスカル	TZ	タンザニア
EY	ペラルーシ	GR	ギリシャ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TM	トルクメニスタン
CA	カナダ	HR	クロアチア		共和国	TR	トルコ
CF	中央アフリカ	HU	ハンガリー	ML	マリ	TT	トリニダード・トバゴ
CG	コンゴ	ID	インドネシア	MN	モンゴル	UA	ウクライナ
CH	スイス	IE	アイルランド	MR	モーリタニア	UG	ウガンダ
CI	コートジボワール	IL	イスラエル	MW	マラウイ	US	米国
CM	カメルーン	IN	インド	MX	メキシコ	UZ	ウズベキスタン
CN	中国	IS	アイスランド	NE	ニジェール	VN	ヴェトナム
CR	コスタ・リカ	IT	イタリア	NL	オランダ	YU	ユーゴスラビア
CU	キューバ	JP	日本	NO	ノルウェー	ZA	南アフリカ共和国
CY	キプロス	KE	ケニア	NZ	ニュー・ジーランド	ZW	ジンバブエ
CZ	チェッコ	KG	キルギスタン	PL	ポーランド		
DE	ドイツ	KP	北朝鮮	PT	ポルトガル		
DK	デンマーク	KR	韓国	RO	ルーマニア		

## 明 細 書

形状計測方法及び形状計測装置、位置制御方法、ステージ装置、露光装置及び露光装置の製造方法、並びにデバイス及びデバイスの製造方法

### 技術分野

本発明は、反射面の形状計測方法、反射面の形状計測装置、位置制御方法、ステージ装置、露光装置及びその製造方法、並びにデバイス及びその製造方法に係る。より詳しくは、ステージ等の移動体に設けられた反射鏡の反射面の形状計測方法及び形状計測装置、前記形状計測方法によって計測された反射面の形状情報を利用した位置制御方法、前記位置制御方法によって搭載された試料の位置制御を行うステージ装置、前記位置制御方法によってマスク又は基板の位置制御を行う露光装置及びその製造方法、並びに前記露光装置を用いて製造されたマイクロデバイス及びその製造方法に関する。

### 背景技術

従来より、半導体素子、液晶表示素子等を製造するためのリソグラフィ工程では、マスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）に形成されたパターンを投影光学系を介してレジスト等が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の基板（以下、適宜「基板」又は「ウエハ」という）上に転写する露光装置が用いられている。こうした露光装置としては、いわゆるステッパ等の静止露光型の投影露光装置や、いわゆるスキャニング・ステッパ等の走査露光型の投影露光装置が主として用いられている。これらの種類の投影露光装置では、レチクルに形成されたパターンをウエハ上の複数のショット領域に順次転写する必要から、ウエハを保持して２次元移動可能なウエハステージが設けられている。また、走査露光型の投影露光装置の場合には、レチクルを保持するレチク

ルスステージも走査方向に移動可能となっている。

かかる投影露光装置においては、非常に微細な構造を有する回路パターンをウエハに転写するので、ウエハやレチクルの位置制御を高精度に行う必要がある。この高精度な位置制御のため、ウエハステージやレチクルステージの２次元位置が、ウエハステージやレチクルステージに設けられた反射鏡に測長ビームを照射し、その反射光と参照光との干渉光のフリンジパターンあるいは位相差に基づいて高精度に検出されている。

以上の２次元位置検出にあたっては、検出点の高さ位置がウエハのレジスト等の塗布面、又はレチクルのパターン形成面の高さ位置と一致することが好ましい。しかし、例えばウエハステージの場合には、投影光学系の高 $N$ 、 $A$ 化に伴い投影光学系とウエハステージとの距離（いわゆるワーキングディスタンス）が狭まくなっており、今や反射鏡をウエハステージ上面に設けることが困難となっている。そこで、反射鏡をウエハステージ側面に設けるとともに、上記の検出点の高さ位置とウエハのレジスト等の表面の高さ位置との不一致にともなって生じる得るいわゆるアッペ誤差を補正する技術が提案されている。

かかるアッペ誤差を補正する従来技術について、 $XY$ 平面に沿って移動するウエハステージに関する $X$ 方向に関するアッペ誤差の補正を例として、図２３Ａ～図２３Ｃを参照して説明する。

従来の技術では、図２３Ａに示されるように、チルト干渉計（ヘテロダイン差動干渉計）１０３が、ウエハステージとしての基板テーブル１０１のチルト状態、すなわち、基板テーブル１０１の一側面に設けられ、 $Y$ 軸方向に沿って延びる反射鏡（平行平板ミラー）１０２の反射面１０２Ｓの $Y$ 軸回りの回転量を検出するために使用される。

チルト干渉計１０３では、不図示の光源装置から射出された、波長が僅かに異なり、偏光方向が互いに直交する２光束が、偏光ビームスプリッタ１０５に入射して偏光方向に応じて２分割される。偏光ビームスプリッタ１０５によっ

て偏向され、+Z方向へ進行した光束LUは、反射プリズム106で反射された後、反射面102Sに入射（入射点のZ位置= $Z_A$ ）して反射される。なお、図23A～図23Cのチルト干渉計103ではダブルパス方式を用いており、反射プリズム106で反射された光束LUは、ダブルパス分岐用の偏光ビームスプリッタ107U及び1/4波長板108Uを介して反射面102Sで2回反射される。こうして反射された光束LUは、1/4波長板108U、偏向ビームスプリッタ107U、反射プリズム106、及び偏向ビームスプリッタ105を順次介して不図示の受光器へ向かって進行する。

一方、偏光ビームスプリッタ105を透過し、+X方向へ進行した光束LLは、1/2波長板109を介した後、ダブルパス分岐用の偏光ビームスプリッタ107Lに入射する。以後、上記の光束LUと同様にして、光束LLは、偏光ビームスプリッタ107L、 $\lambda/4$ 板108L等を介しつつ、反射鏡102の反射面上の2点（いずれも、Z位置= $Z_B$ （= $Z_A - D$ ））で反射された後、1/4波長板108L、偏向ビームスプリッタ107L、1/2波長板109、偏向ビームスプリッタ105を順次介し、その後は光束LUとほぼ同一の光路上を不図示の受光器へ向かって進行する。

したがって、受光器へ入力する光は、光束LUと光束LLとの合成光となっている。そして、受光器内において、光束LUと光束LLとの偏光方向を同一として干渉させることにより、光束LUと光束LLとの光路長差を反映した干渉光が発生され、その干渉光を測定している。このため、チルト干渉計103によって、チルト干渉計103のリセット状態を基準とした反射鏡102の反射面のY軸回りの回転状態、すなわち、基板テーブル101のY軸回りの回転状態をモニタすることができる。

ここで、チルト干渉計103のリセット状態における反射鏡102の反射面102SのY軸回りの回転角を $0^\circ$ として、ウエハWが、図23Bに示されるように、X方向についてテーパ角 $\theta$ を持っている場合を考えてみる。この場合

、ウエハW表面のZ位置並びにX軸回り及びY軸回りの回転を検出し、投影光学系の像面にウエハW表面の被露光領域を合せ込むオートフォーカス系を備える露光装置では、オートフォーカス系の観測結果に応じて、基板テーブル101をテーパ角 $\theta$ だけY軸回りに回転させることになる。この動作によって、投影光学系の像面にウエハW表面が合うことになるが、図23Cに示されるように、ウエハW表面における各点の実際のX位置と、反射鏡102を使用してX位置検出用干渉計によって得られた基板テーブル101のX位置から求められるウエハW表面の各点におけるX位置とはずれることになる。この位置ずれ（アッペ誤差） $\Delta X_A$ は、例えば、Z位置= $Z_A$ で基板テーブル101のX位置計測を行っており、その計測Z位置とウエハW表面のZ位置との差を $L$ とすると

$$\Delta X_A = L \cdot \theta \quad \dots (1)$$

で求められる。

ところで、基板テーブル101をテーパ角 $\theta$ だけY軸回りに回転している場合、チルト干渉計103の出力値は、光路長の差が $D \cdot \theta$ であることを示しており、チルト干渉計103の出力値から光路長の差 $D \cdot \theta$ が求められる。したがって、距離 $D$ 及び距離 $L$ が既知であれば、アッペ誤差 $\Delta X_A$ を、

$$\Delta X_A = ((D \cdot \theta) / D) \cdot L \quad \dots (2)$$

によって算出することができる。

こうして求められたアッペ誤差を補正することにより、レチクルに形成されたパターンが精度良くウエハに転写される。

上記のように、従来は、反射鏡の反射面は完全に平坦であることを前提としてアッペ誤差の補正を行っていた。しかしながら、反射鏡の反射面を完全に平坦にすることは不可能であり、反射鏡の反射面にはうねりやねじれが不可避免的に存在する。

このため、例えば、図24Aに示されるように、例えばチルト干渉計103

のリセット位置で基板テーブル101のY軸回りの回転角が $0^\circ$ であり、かつ、ウエハWにテーパが無い場合であっても、反射鏡102の反射面102Sがうねっていたり、ねじれていたりとすると、図24Bに示されるように、反射鏡102の反射面102SがY軸回りに回転していることになる。このときのZ軸に対する傾き角を $\theta'$ とすると、チルト干渉計103の出力値は、光路長の差が $D \cdot \theta'$ であることを示すことになる。すなわち、チルト干渉計103の計測結果によって、基板テーブル101が、角度 $\theta'$ だけY軸回りに回転していると誤認してしまうことになる。

この結果、アップ誤差 $\Delta X_A' (= |(D \cdot \theta') / D| \cdot L)$ だけウエハW位置をXY面内で補正すると、図24Cに示されるように、その分だけウエハWが位置ずれを起こすことになる。したがって、レチクルに形成されたパターンを、精度良くウエハに転写できなくなる。

以上のような、反射鏡のうねりやねじれに伴うアップ誤差の誤認による位置制御の精度低下は、ウエハの大型化に伴うステージの大型化による反射鏡の長尺化によって今後増大することが予想され、転写パターンの微細化の進展に伴って要請される露光精度向上の阻害要因の一つともなり得るものである。かかる同様の事情は、レチクルステージ（特にステップ・アンド・スキャン方式を採用する走査型露光装置におけるレチクルステージ）においても同様である。したがって、ステージの高精度な位置制御に関する新技術が待望されている。

本発明は、かかる事情を鑑みてなされたもので、その第1の目的は、ステージ等の移動体や移動体に搭載される試料の位置制御を高精度に行うために、ステージ等の移動体に設けられた反射面の形状を高精度に計測する形状計測方法及び形状計測装置を提供することにある。

また、本発明の第2の目的は、アップ誤差の補正を含めた高精度な移動体の位置制御が可能な位置制御方法を提供することにある。

また、本発明の第3の目的は、搭載した試料の高精度な位置制御が可能なス

テージ装置を提供することにある。

また、本発明の第4の目的は、マスクや基板を高精度に位置制御することにより、露光精度を向上したパターン転写が可能な露光装置を提供することにある。

また、本発明の第5の目的は、微細パターンが精度良く形成されたデバイス及びその製造方法を提供することにある。

#### 発明の開示

本発明は、第1の観点からからすると、第1軸と直交する基準平面に沿って移動する移動体に設けられ、前記第1軸方向と直交する第2軸方向に沿って延びる反射面の形状を計測する形状計測方法において、前記第1軸方向と直交し、かつ前記第2軸方向と直交しない第3軸方向に沿って前記移動体を移動させつつ、前記第2軸方向に関する前記反射面の1次元形状を、前記第1軸方向に関する少なくとも2つの位置のそれぞれについて計測することを特徴とする形状計測方法である。

これによれば、第1軸方向に関する少なくとも2つの位置について、反射面が延びる第2軸に沿った方向に関する1次元形状を計測することにより反射面の形状を計測する。したがって、移動体に設けられた反射面がうねっていたりねじれていても前述したアップ誤差を含めた移動体の位置や移動体の姿勢の補正をするのに必要な反射面の形状を計測することが可能となる。

本発明の形状計測方法では、前記1次元形状計測は、第2軸方向に沿って移動体を移動させつつ、例えば基準平面に平行な面に沿って、反射面の異なる位置に複数の測定光束を照射し、その反射光に基づいて反射面の第1軸回りの局所的な回転角を逐次測定することにより行うことにより行うことができるが、計測対象となる前記反射面は、第2軸方向に沿った移動体の移動に伴う移動体の第1軸回りの回転振動（ヨーイング）に伴って、第1軸回りに回転振動する



ことになる。かかる回転振動は、反射面の第1軸回りの局所的な回転角の測定値に影響し、1次元形状計測の誤差となって表れる。

そこで、本発明の計測方法では、前記1次元形状の計測に際し、前記移動体を前記第3軸方向へ移動させつつ、前記基準平面に平行な面に沿って、第1の組の測定光束を構成する複数の光束を前記反射面の前記第2軸方向の関して互いに異なる位置に照射し、その反射光に基づいて前記反射面の前記第1軸回りの局所的な回転量を前記移動体の移動位置に応じて測定するとほぼ同時に、前記基準平面に平行な面に沿って、前記第1軸方向とは異なる方向に隔てられた第3軸方向の複数の光束から成る第2の組の測定光束を前記第3軸方向から前記移動体に設けられた反射ユニットへ照射し、その反射光に基づいて前記移動体の前記第1軸回りの回転量を測定することが望ましい。

これによれば、第2の組の測定光束は、移動体の移動方向と同一の軸方向から反射器に照射され、反射器のほぼ同一を照射し続けるので、計測開始状態からの移動体のヨーイング量が正確に測定される。したがって、第1の組の測定光束による反射面の第1軸回りの局所的な回転量から、ほぼ同時に測定された移動体のヨーイング量を補正（除去）することにより、反射面の形状による反射面の第1軸回りの局所的な回転量を正確に求めることができ、反射面の1次元形状を精度良く計測することができる。ここで、前記第2の組の測定光束は、前記第1軸方向及び前記第3軸方向に直交する方向に沿って隔てられた2光束とすることができる。

以上において、前記第1の組の測定光束を、前記反射面に垂直な2光束とすることができる（以下、「2光束形状計測」という）。また、前記第1の組の測定光束を、配列間隔が互いに異なる、前記反射面に垂直な3光束とし、前記配列間隔の差に応じた距離だけ前記移動体を前記第3軸方向に移動させる毎に、前記移動体の前記第1軸回りの回転量と、前記反射面の前記第1軸回りの局所的な回転量とを測定することとすることができる（以下、「3光束形状計測」と

いう)。3 光束形状計測によれば、2 光束形状計測よりも精度良く前記 1 次元形状計測を行うことができる。

また、本発明の形状計測方法では、前記第 1 軸方向に関する前記少なくとも 2 つの位置のそれぞれにおける前記反射面の 1 次元形状の計測毎に、前記移動体上に設けられた所定マークの前記基準平面と平行な平面内における 2 次元位置を測定し、該測定結果に基づいて前記計測された 1 次元形状データを補正することができる。これによれば、例えばヘテロダイン干渉計等を使用し、第 1 軸方向に関する位置を変化させて 1 次元形状計測をする毎にリセットを行うことにより、各 1 次元形状計測結果の間に生じるオフセットを補正することができる。したがって、非常に正確な反射面の形状を計測することができる。

本発明は、第 2 の観点からすると、第 1 軸と直交する基準平面に沿って移動する移動体に設けられ、前記第 1 軸方向と直交する第 2 軸方向に沿って延びる反射面の形状を計測する形状計測装置であって、前記第 1 軸方向と直交し、かつ前記第 2 軸方向と直交しない第 3 軸方向に沿って前記移動体を移動させる第 1 駆動装置と；前記第 2 軸方向に関する前記反射面の 1 次元形状を、前記第 1 軸方向に関する少なくとも 2 つの位置のそれぞれについて計測する計測装置を備えることを特徴とする形状計測装置である。

これによれば、計測装置が、第 1 軸方向に関する少なくとも 2 つの位置について、反射面が延びる第 2 軸に沿った方向に関する 1 次元形状を計測することにより反射面の形状を計測する。したがって、移動体に設けられた反射面がうねっていたりねじれていても上記のアッペ誤差を含めた移動体の位置や移動体の姿勢の補正をするのに必要な反射面の形状情報を求めることが可能となる。

本発明の形状計測装置では、前記計測装置が、前記基準平面に平行な面に沿って、第 1 の組の測定光束を構成する複数の光束を前記第 2 軸方向の関して互いに異なる前記反射面の位置に照射し、その反射光に基づいて前記反射面の前記第 1 軸回りの局所的な回転量を前記移動体の移動位置に応じて測定する第 1

測定装置を備える構成とすることができる。かかる場合には、第1駆動装置が移動体を第3軸方向に沿って移動させつつ、第1測定装置が反射面の第1軸回りの局所的な回転量を測定するので、反射面の1次元形状を測定することができる。

ここで、第1測定装置が、前記第1軸及び前記第2軸の直交軸を測長軸とする第1レーザ干渉計システムである構成とすることができる。かかる場合には、非常に正確な測長結果が得られるレーザ干渉計システムによって、反射面の第1軸回りの局所的な回転量を測定するので、反射面の1次元形状を精度良く計測することができる。

なお、前記第1の組の測定光束が、前記反射面にほぼ垂直な2光束である構成とすることにより、上述の2光束計測を行うことができる。また、第1の組の測定光束が、配列間隔が互いに異なる、前記反射面に垂直な3光束である構成とすることにより、上述の3光束計測を行うことができる。

また、計測装置が反射面における第1軸方向の異なる位置それぞれで1次元形状計測を行うために、前記移動体と前記第2測定装置とを前記第1軸方向に相対移動させる第2駆動装置、又は、前記反射面における前記第2の組の測定光束の照射点を前記第1軸方向に変化させる光路変更装置を更に備えることができる。特に、光路変更装置の使用は、第2測定装置又は移動体を第1軸方向へ移動することが、計測精度、再調整、移動対象の重量等の観点から容易ではない場合に有効である。

また、第1測定装置に加えて、前記基準平面に平行な面に沿って、第2の組の測定光束を構成する複数の光束を、前記第2軸方向に関して互いに異なり、かつ、前記第1の組の測定光束の照射点とは前記第1軸方向に関して異なる前記反射面の位置に照射し、その反射光に基づいて前記反射面の前記第1軸回りの局所的な回転量を前記移動体の移動位置に応じて測定する第2測定装置を更に備える構成とすることができる。かかる場合には、第2測定装置が、第1測

定装置による１次元形状計測の第１軸方向に関する位置とは異なる位置で、反射面の１次元形状計測を行うので、第１測定装置及び第２測定装置を同時に動作させることにより、迅速に反射面の形状計測を行うことができる。

ここで、前記第２測定装置が、前記第１軸及び前記第２軸の直交軸を測長軸とする第２レーザ干渉計システムである構成とすることができる。かかる場合には、非常に正確な測長結果が得られるレーザ干渉計システムによって、反射面の第１軸回りの局所的な回転量を測定するので、反射面の１次元形状を精度良く計測することができる。

また、第１測定装置を備える本発明の形状計測装置では、前記計測装置が、前記基準平面に平行な面に沿って、前記第１軸方向とは異なる方向に隔てられた第３軸方向の複数の光束から成る第３の組の測定光束を前記第３軸方向から前記移動体に設けられた反射ユニットへ照射し、その反射光に基づいて前記移動体の前記第１軸回りの回転量を測定する第３測定装置を更に備える構成とすることができる。

これによれば、第１測定装置が反射面の第１軸回りの局所的な回転量を測定するのとほぼ同時に、第３測定装置が移動体の第１軸回りの回転量（ヨーイング量）を測定することができる。したがって、第１測定装置によって測定された反射面の第１軸回りの局所的な回転量から、ほぼ同時に第３測定装置によって測定された移動体のヨーイング量を補正することにより、反射面の形状による反射面の第１軸回りの局所的な回転量を非常に正確に求めることができ、反射面の１次元形状を非常に精度良く計測することができる。

ここで、前記第３測定装置が前記第３軸を測長軸とする第１レーザ干渉計システムである構成とすることができる。かかる場合には、非常に正確な測長結果が得られるレーザ干渉計システムによって、ヨーイング量を測定するので、反射面の１次元形状を精度良く計測することができる。

なお、前記第３の組の測定光束が、前記第１軸方向及び前記第３軸方向に直

交する方向に沿って隔てられた２光束である構成とすることができる。かかる場合には、測定光束の数を必要最低限の数とするので、第２計測装置の構成を簡易なものとすることができる。

また、前記反射ユニットとしては、反射鏡及び複数のコーナーキューブのいずれか一方を選択することができる。

本発明は、第３の観点からすると、基準平面に沿って移動する、反射面が設けられた移動体の位置制御方法において、本発明の形状計測方法によって計測された前記反射面の形状情報と、前記移動体の２次元位置情報と、前記反射面のチルト情報とに基づいて、前記移動体の位置及び姿勢の少なくとも一方を制御することを特徴とする位置制御方法である。ここで、「チルト情報」とは、反射面の延びる軸（第２軸）回りに関する反射面の回転に関する計測情報であって、反射面の形状情報による補正前の情報をいう。例えば、「チルト情報」は、反射面上における基準平面の法線方向（第１軸方向）について異なる複数の位置における反射面の設計上の直交方向に関する位置計測結果の差から求められる。以下、本明細書で「チルト情報」というときには、上記の意味内容で用いるものとする。

これによれば、本発明の形状計測方法によって計測された反射面の形状情報と、移動体の２次元位置情報と、反射面のチルト情報とに基づいて、移動体の位置及び姿勢の少なくとも一方を制御するので、精度の良い制御を行うことができる。

本発明は、第４の観点からすると、第１軸と直交する基準平面に沿って試料を移動させるステージ装置であって、前記第１軸方向と直交する第２軸方向に沿って延びる少なくとも１つの反射面を含む反射ユニットが設けられ、前記試料を搭載する試料テーブルと；前記試料テーブルを前記基準平面に沿って駆動する駆動装置と；前記反射ユニットに２次元位置検出用光束をそれぞれ照射し、それぞれの反射光に基づいて前記試料テーブルの２次元位置を検出する２次

元位置検出系と；前記基準平面と平行な同一面内にない少なくとも2本のチルト検出用光束を前記反射面に照射し、それぞれの反射光に基づいて前記反射面の前記基準平面に対するチルト量を検出するチルト検出系と；前記反射面の形状を計測する請求項7～19に記載の形状計測装置と；前記形状計測装置によって計測された前記反射面の形状情報を記憶する記憶装置と；前記2次元位置検出系によって検出された2次元位置情報、前記チルト検出系によって検出されたチルト情報、及び前記形状情報に基づいて前記駆動装置を制御し、前記試料テーブルの位置及び姿勢の少なくとも一方を制御する制御系とを備えるステージ装置。

これによれば、記憶装置に記憶された、本発明の形状計測装置によって計測された反射面の形状情報と、2次元位置検出系によって検出された2次元位置情報と、チルト検出系によって検出されたチルト情報とに基づいて、試料テーブルの位置及び姿勢の少なくとも一方を制御するので、試料テーブルに搭載された試料の位置及び姿勢の少なくとも一方を精度の良く制御することができる。

。

本発明のステージ装置では、前記駆動装置が前記形状計測装置における第1駆動装置として使用される構成とすることができる。かかる場合には、形状計測装置として個別に駆動装置を用意する必要がなくなるので、ステージ装置全体としての構成を簡素化することができる。

また、本発明のステージ装置では、前記2次元位置検出用光束が、前記基準平面に平行な面に沿って前記反射面に垂直に入射する2光束であり、該2光束が前記形状計測装置における前記反射面の第1軸回りの局所的な回転量の測定に使用される構成とし、上述の2光束計測を行うことが可能である。また、前記2次元位置検出用光束が、前記基準平面に平行な面に沿って前記反射面に垂直に入射する2光束であるとともに、該2光束と前記チルト検出用光束の内の1光束とが、前記基準平面に平行な面に沿って前記反射面に垂直に入射する、

互いに配列間隔がことなる 3 光束であり、該 3 光束が前記形状計測装置における前記反射面の第 1 軸回りの局所的な回転量の測定に使用される構成とし、上述の 3 光束計測を行うことが可能である。

本発明は、第 5 の観点からすると、マスクステージに搭載されたマスクに形成されたパターンを基板ステージに搭載された基板に転写する露光装置であって、前記マスクステージ及び前記基板ステージの少なくとも一方を移動体とする本発明の形状計測装置と；前記移動体に設けられた前記反射面を含む反射ユニットに 2 次元位置検出用光束をそれぞれ照射し、その反射光に基づいて前記移動体の 2 次元位置を検出する 2 次元位置検出系と；前記基準平面と平行な同一平面にない少なくとも 2 本のチルト検出用光束を前記反射面に照射し、その反射光に基づいて前記反射面の前記基準平面に対するチルト量を検出するチルト検出系と；前記形状計測装置によって予め計測された前記反射面の形状情報と、前記 2 次元位置検出系によって検出された 2 次元位置情報と、前記チルト検出系によって検出されたチルト情報とに基づいて、前記移動体の位置及び姿勢の少なくとも一方を制御する制御系とを備える第 1 の露光装置である。

これによれば、本発明の形状計測装置によって予め計測された、マスクステージ及び基板ステージの少なくとも一方に設けられた反射面の形状情報と、2 次元位置検出系によって検出された 2 次元位置情報と、チルト検出系によって検出されたチルト情報とに基づいて、マスクステージ又は基板ステージの位置及び姿勢の少なくとも一方を制御するので、マスク又は感応試料の位置及び姿勢を精度の良く制御しつつ、マスクに形成されたパターンを基板ステージに搭載された基板に転写するので、露光精度を向上することができる。

本発明は、第 6 の観点からすると、マスクに形成されたパターンを基板に転写する露光装置であって、前記基板を保持し、互いに交差する方向に延びる少なくとも 2 つの反射面が設けられた基板テーブルと；前記基板テーブルを駆動する駆動系と；前記少なくとも 2 つの反射面それぞれに測長用光束を照射し、

それぞれの反射光に基づいて前記基板テーブルの２次元位置を検出する２次元位置検出系と；前記少なくとも２つの反射面の少なくとも１つに前記基準平面と平行な同一平面にない少なくとも２本のチルト検出用光束を照射し、それぞれの反射光に基づいて前記チルト検出用光束が照射された反射面の前記基準平面に対するチルト量を検出するチルト検出系と；前記チルト検出系に対向する反射面の形状を計測する本発明の形状計測装置と；前記形状計測装置によって計測された、前記チルト検出系に対向する反射面の形状情報を記憶する記憶装置と；前記形状計測装置を制御するとともに、前記２次元位置検出系によって検出された２次元位置情報、前記チルト検出系によって検出されたチルト情報、及び前記形状情報に基づいて、前記基板テーブルの位置及び姿勢の少なくとも一方を制御する制御系とを備える第２の露光装置である。

これによれば、記憶装置に記憶された、本発明の形状計測装置によって予め計測された形状情報と、２次元位置検出系によって検出された２次元位置情報と、チルト検出系によって検出されたチルト情報とに基づいて、基板テーブルの位置及び姿勢の少なくとも一方を制御するので、感応試料の位置及び姿勢の少なくとも一方を精度の良く制御しつつ、マスクに形成されたパターンを基板ステージに搭載された基板に転写するので、露光精度を向上することができる。

本発明の第２の露光装置では、前記駆動系が前記形状計測装置における第１駆動装置として使用される構成とすることができる。かかる場合には、形状計測装置として個別に駆動装置を用意する必要が無くなるので、露光装置全体としての構成を簡素化することができる。

また、前記チルト検出系に対向する反射面に照射される前記測長用光束は、前記基準平面に沿って前記チルト検出系に対向する反射面に垂直に入射する２光束であり、該２光束が前記形状計測装置における前記反射面の第１軸回りの局所的な回転量の測定に使用される構成とし、上述の２光束計測を行うことが



可能である。また、前記チルト検出系に対向する反射面に照射される前記測長用光束が、前記基準平面に沿って前記チルト検出系に対向する反射面に垂直に入射する2光束であるとともに、該2光束と前記チルト検出用光束の内の1光束とは、前記基準平面に平行な面に沿って前記チルト検出系に対向する反射面に垂直に入射する、互いに配列間隔がことなる3光束であり、該3光束が前記形状計測装置における前記反射面の第1軸回りの局所的な回転量の測定に使用される構成とし、上述の3光束計測を行うことが可能である。

本発明の第2の露光装置では、前記基板テーブル上及び前記基板上の少なくとも一方に形成されたマークの位置を検出するマーク検出系を更に備え、前記制御系は、前記マーク検出系による前記マークの位置検出結果に基づいて、前記反射面の1次元形状の計測結果を補正する構成とすることができる。かかる場合には、各反射面における各1次元形状計測結果の間に生じるオフセットを補正することができ、非常に正確な反射面の形状を計測することができる。

また、本発明の第2の露光装置では、前記少なくとも2つの反射面を、互いに直交する2面とすることもできるし、また、前記基板テーブルの基板搭載面は三角形形状であり、前記少なくとも2つの反射面は、前記試料テーブルの少なくとも2つの側面それぞれに設けられた反射面とすることもできる。

さらに、本発明の第2の露光装置では、前記基板の表面に関する前記基準平面の直交方向位置及び前記基準平面に対する傾斜を検出するレベリング検出系を更に備え、前記制御系は、前記レベリング検出系によって検出されたレベリング情報に基づいて前記基板テーブルの姿勢及び前記基準平面の直交方向位置を制御するとともに、前記2次元位置検出系によって検出された2次元位置情報、前記チルト検出系によって検出されたチルト情報、及び前記形状情報に基づいて前記基板テーブルの前記基準平面内位置を制御する構成とすることもできる。かかる場合には、基板テーブルの位置及び姿勢に関する6自由度制御において、レベリング検出系によって検出されたレベリング情報に基づいて前記

基板テーブルの姿勢及び前記基準平面の直交方向位置の3自由度制御を行い、前記2次元位置検出系によって検出された2次元位置情報及び形状情報に基づいて、基板テーブルの2次元位置及びヨーイングの3自由度制御を行い、更にチルト検出系によって検出されたチルト情報及び形状情報に基づいて、基板テーブルの2次元位置に関するアップ誤差の補正制御を行うことができる。

本発明は、第7の観点からすると、マスクステージに搭載されたマスクに形成されたパターンを基板ステージに搭載された基板に転写する露光装置の製造方法であって、前記マスクステージ及び前記基板ステージの少なくとも一方を移動体とする本発明の形状計測装置を提供する第1工程と；前記移動体に設けられた前記反射面を含む反射器に2次元位置検出用光束をそれぞれ照射し、その反射光に基づいて前記移動体の2次元位置を検出する2次元位置検出系を提供する第2工程と；前記基準平面と平行な同一平面にない少なくとも2本のチルト検出用光束を前記反射面に照射し、その反射光に基づいて前記反射面の前記基準平面に対するチルト量を検出するチルト検出系を提供する第3工程と；前記形状計測装置によって予め計測された前記反射面の形状情報と、前記2次元位置検出系によって検出された2次元位置情報と、前記チルト検出系によって検出されたチルト情報とに基づいて、前記移動体の位置及び姿勢の少なくとも一方を制御する制御系を提供する第4工程とを含む第1の露光装置の製造方法。これによれば、マスクステージ、基板ステージ、形状計測装置、2次元位置検出系、チルト検出系、制御系、及び他の様々な部品を機械的、光学的、及び電氣的に組み合わせて調整することにより、本発明の第1の露光装置を製造することができる。

本発明は、第8の観点からすると、マスクに形成されたパターンを基板に転写する露光装置の製造方法であって、前記基板を保持するとともに、互いに交差する方向に延びる少なくとも2つの反射面が設けられた基板テーブルを提供する第1工程と；前記基板テーブルを駆動する駆動系を提供する第2工程と；

前記少なくとも2つの反射面それぞれに測長用光束を照射し、それぞれの反射光に基づいて前記基板テーブルの2次元位置を検出する2次元位置検出系を提供する第3工程と；前記少なくとも2つの反射面の少なくとも1つに前記基準平面と平行な同一平面にない少なくとも2本のチルト検出用光束を照射し、それぞれの反射光に基づいて前記チルト検出用光束が照射された反射面の前記基準平面に対するチルト量を検出するチルト検出系を提供する第4工程と；前記チルト検出系に対向する反射面の形状を計測する本発明の形状計測装置を提供する第5工程と；前記形状計測装置によって計測された、前記チルト検出系に対向する反射面の形状情報を記憶する記憶装置を提供する第6工程と；前記形状計測装置を制御するとともに、前記2次元位置検出系によって検出された2次元位置情報、前記チルト検出系によって検出されたチルト情報、及び前記形状情報に基づいて、前記基板テーブルの位置及び姿勢の少なくとも一方を制御する制御系を提供する第7工程とを含む第2の露光装置の製造方法である。

これによれば、基板テーブル、駆動系、2次元位置検出系、チルト検出系、形状計測装置、記憶装置、制御系、及び他の様々な部品を機械的、光学的、及び電氣的に組み合わせて調整することにより、本発明の第2の露光装置を製造することができる。

本発明の第2の露光装置の製造方法では、前記基板テーブル上及び前記基板上の少なくとも一方に形成されたマークの位置を検出するマーク検出系を提供する第8工程を更に含むことができる。かかる場合には、各反射面における各1次元形状計測結果の間に生じるオフセットを補正することができ、非常に正確な反射面の形状を計測することができる露光装置を製造することができる。

また、本発明の第2の露光装置の製造方法では、前記基板の表面に関する前記基準平面の直交方向位置及び前記基準平面に対する傾斜を検出するレベルング検出系を提供する第9工程を更に含むことができる。かかる場合には、基板テーブルの位置及び姿勢に関する6自由度制御において、チルト検出系によ

て検出されたチルト情報及び形状情報に基づいて、基板テーブルの２次元位置に関するアップ誤差の補正制御を行うことができる露光装置を製造することができる。

また、リソグラフィ工程において、本発明の露光装置を用いて基板を露光して所定のパターンを基板に転写することにより、微細なパターンを有するデバイスを製造することができる。したがって、本発明は、別の観点からすると、本発明の露光装置を用いて製造されたデバイスであり、また、リソグラフィ工程において、本発明の露光装置の製造方法によって製造された露光装置を用いて、所定のパターンを前記基板に転写するデバイスの製造方法であるといえる。

#### 図面の簡単な説明

図１は、一実施形態の露光装置の概略的な構成図である。

図２は、基板テーブルの構成、及び基板テーブルの位置検出のためのレーザ干渉計の配置を説明するための図である。

図３は、基板テーブルの２次元位置を検出するためのレーザ干渉計の概略的な構成図である。

図４～図６は、図３のレーザ干渉計における光路を説明するための図である。

図７は、反射面のチルト情報を検出するためのレーザ干渉計の概略的な構成図である。

図８～図１０は、図７のレーザ干渉計における光路を説明するための図である。

図１１は、レチクル微動テーブルの構成、及びレチクル微動テーブルの位置検出のためのレーザ干渉計の配置を説明するための図である。

図１２は、１次元形状計測時における基板テーブルの移動及び基準マークを

説明するための図である。

図 1 3 及び図 1 4 は、1 次元形状計測時のレーザ干渉計における光路を説明するための図である。

図 1 5 は、基準マーク位置測定による補正前における反射面の形状計測結果を説明するための図である。

図 1 6 は、基準マーク位置測定による補正後における反射面の形状計測結果を説明するための図である。

図 1 7 は、図 1 に示された露光装置を用いたデバイス製造方法を説明するためのフローチャートである。

図 1 8 は、図 1 7 のウエハプロセスステップ（ステップ 2 0 4）における処理のフローチャートである。

図 1 9 及び図 2 0 は、1 次元形状計測の変形例の場合のレーザ干渉計における光路を説明するための図である。

図 2 1 は、ステージの形状が三角形の変形例を説明するための図である。

図 2 2 は、レチクルステージにおいて反射面の形状計測を行う変形例を説明するための図である。

図 2 3 A ～ 図 2 3 C は、従来のアッペ誤差の補正を説明するための図である。

図 2 4 A ～ 図 2 4 C は、従来のアッペ誤差の補正に関する不都合を説明するための図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の一実施形態を、図 1 ～ 図 1 8 を参照しつつ説明する。

図 1 には、一実施形態に係る露光装置 1 0 0 の概略構成が示されている。この露光装置 1 0 0 は、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置である。この露光装置 1 0 0 は、マスクとしてのレチクル R 上のスリット

状（矩形状又は円弧状）の照明領域を均一に照明する不図示の照明系と、レチクルを保持するマスクステージとしてのレチクルステージRSTと、レチクルRのパターンをその表面にフォトリソが塗布された基板としてのウエハW上に投影する投影光学系PLと、ウエハWを保持する基板テーブル4を含むウエハステージ装置及びこれらの制御系とを備えている。

前記照明系は、光源ユニット、シャッタ、2次光源形成光学系、ビームスプリッタ、集光レンズ系、レチクルブラインド、及び結像レンズ系等（いずれも不図示）から構成されている。この照明系の構成等については、例えば特開平9-320956に開示されている。ここで、光源ユニットとしては、KrFエキシマレーザ光源（発振波長248nm）、ArFエキシマレーザ光源（発振波長193nm）、若しくはF<sub>2</sub>レーザ光源（発振波長157nm）、Kr<sub>2</sub>（クリプトンダイマ）レーザ光源（発振波長146nm）、Ar<sub>2</sub>（アルゴンダイマ）レーザ光源（発振波長126nm）、銅蒸気レーザ光源やYAGレーザの高調波発生装置、又は超高圧水銀ランプ（g線、i線等）等が用いられる。

前記レチクルステージRSTは、照明光学系の下方に水平に配置されたレチクル支持台9上を所定の走査方向（ここでは、図1における紙面直交方向であるY方向とする）に所定ストロークで移動可能なレチクル走査ステージ10と、このレチクル走査ステージ10上に載置され、該レチクル走査ステージ10に対してX方向、Y方向及びZ軸回りの回転方向（ $\theta_z$ 方向）にそれぞれ微小駆動可能なレチクル微動ステージ11とを備えている。このレチクル微動ステージ11上にレチクルRが真空吸着又は静電吸着等により固定されている。また、レチクル微動ステージ11のX方向、Y方向及び $\theta_z$ 方向の位置は、レチクル支持台9上に配置されたレチクルレーザ干渉計（以下、「レチクル干渉計」と呼ぶ）14によって常時モニタされている。なお、レチクル微動ステージ11上には、後述するように、X軸の反射鏡21X1及び2個のY軸の反射鏡（コーナキューブ）21Y1、21Y2が固定され、これに対応してレチクル干渉

計 1 4 もレーザ干渉計 1 4 X 1, 1 4 X 2, 1 4 Y 1, 1 4 Y 2 から構成されているが (図 1 1 参照)、図 1 では、これらが代表して反射鏡 2 1、レチクル干渉計 1 4 として示されている。

そして、このレチクル干渉計 1 4 により得られたレチクル微動ステージ 1 1 の位置情報 (又は速度情報) は、装置全体の動作を統轄制御する主制御系 2 2 に供給されている。主制御系 2 2 は、レチクル走査ステージ 1 0 駆動用のリニアモータ、レチクル微動ステージ 1 1 駆動用のボイスコイルモータ等を含むレチクル駆動装置 2 5 を介してレチクル走査ステージ 1 0、及びレチクル微動ステージ 1 1 の動作を制御する。

前記投影光学系 P L としては、ここでは両側テレセントリックで所定の縮小倍率  $\beta$  ( $\beta$  は例えば  $1/4$ ,  $1/5$  等) を有する屈折光学系が使用されている。この投影光学系の光軸 A X の方向は、X Y 平面に直交する Z 方向とされている。

また、投影光学系 P L の Y 方向の側面部には、ウエハ W 上の各ショット領域 S A (図 2 参照) に付設されたアライメントマーク (ウエハマーク) を観察するための画像処理方式のオフ・アクシス・アライメントセンサ (以下、「アライメントセンサ」という) 2 6 が配置されている。このアライメントセンサ 2 6 の光学系の光軸 F X は、投影光学系の光軸 A X と平行とされている。かかるアライメントセンサ 2 6 の詳細な構成は、例えば特開平 9-219354 号公報及びこれに対応する米国特許第 5,859,707 号等の開示されている。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令の許す限りにおいて、上記の公報及び米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。なお、アライメントセンサ 2 6 によってマーク検出系が構成されている。

前記ウエハステージ装置は、投影光学系 P L の下方に配置され、ウエハ支持台 1 上を Y 方向に移動可能なウエハ Y 軸駆動ステージ 2 と、このウエハ Y 軸駆動ステージ 2 上を Y 方向に直交する X 方向 (図 1 における紙面左右方向) に移

動可能なウエハX軸駆動ステージ3と、このウエハX軸駆動ステージ3上に載置され、Z方向の微動（X軸回りの回転及びY軸回りの回転を含む）及びZ軸回りの回転が可能な基板テーブル（Z $\theta$ 軸駆動ステージ）4とを備えている。この基板テーブル4上にウエハWが真空吸着、静電吸着等によって保持されている。

また、基板テーブル4側面には反射鏡7が設けられており、外部に配置されたウエハレーザ干渉計（以下、「ウエハ干渉計」と呼ぶ）13により、基板テーブル4（ウエハW）のX方向、Y方向及びZ軸回り回転方向（ $\theta_z$ 方向）の位置がモニタされ、ウエハ干渉計13により得られた位置情報も主制御系22に供給されている。なお、基板テーブル4側面には、後述するように、X軸の反射鏡7XとY軸の反射鏡7Yとが固定されているが（図2参照）、図1では反射鏡7X、7Yが代表して反射鏡7として示されている。また、ウエハ干渉計13は、基板テーブル4のXY位置を検出するために反射鏡7X、7Yに対して各2軸のレーザビームを投射する2次元位置検出系としてのレーザ干渉計13X1、13X2、13Y1、13Y2、13FX、並びに基板テーブル4のX軸に対する傾き（Y軸回りの回転角）及び基板テーブル4のY軸に対する傾き（X軸回りの回転角）を検出するために反射鏡7X、7Yに対して各2軸のレーザビームを投射するチルト検出系としてのレーザ干渉計13XP、13YP、13FPから構成されているが（図2参照）、これらのレーザ干渉計が図1では代表してウエハ干渉計13として示されている。

なお、投影光学系PLの鏡筒には、前記レチクル干渉計14が参照光束を照射するレチクル参照鏡（不図示）及び前記ウエハ干渉計13が参照光束を照射するウエハ参照鏡MRWが固定されている。なお、ウエハ参照鏡MRWは、前記レーザ干渉計13X1、13X2が参照光束を照射するX軸ウエハ参照鏡MRWX（図3参照）及び前記レーザ干渉計13Y1、13Y2が参照光束を照射するY軸ウエハ参照鏡（不図示）から構成されているが、図1ではX軸ウエ



ハ参照鏡MRWX及びY軸ウエハ参照鏡がウエハ参照鏡MRWとして示されている。また、レチクル参照鏡もウエハ参照鏡と同様に、前記レチクル参照鏡14Xが参照光束を照射するX軸レチクル参照鏡及び前記レーザ干渉計14Y1, 14Y2が参照光束を照射するY軸レチクル参照鏡（いずれも不図示）から構成されている。

また、アライメントセンサ26には、レーザ干渉計13FXが参照光束を照射するアライメント参照鏡（不図示）が固定されている。

更に、図1の装置100には、送光系28及び受光系29から構成され、ウエハW表面の被露光領域内部分及びその近傍領域のZ方向（光軸AX方向）位置を検出するための斜入射光式のフォーカス検出系（焦点検出系）の一つであるレベリング検出系としての多点フォーカス位置検出系が設けられている。この多点フォーカス位置検出系（28, 29）の詳細な構成等については、例えば特開平6-283403号公報及びこれに対応する米国特許第5,448,332号等に開示されている。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令の許す限りにおいて、上記の公報及び米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

上記の多点フォーカス位置検出系（28, 29）からのZ方向位置情報は、主制御系22に供給される。そして、主制御系22は、ウエハ干渉系13及び多点フォーカス位置検出系（28, 29）から供給された位置情報に基づいて、ウエハY軸駆動ステージ2駆動用のリニアモータ、ウエハX軸駆動ステージ3駆動用リニアモータ、基板テーブル4駆動用のボイスコイルモータ等を含むウエハ駆動装置24を介してウエハY軸駆動ステージ2、ウエハX軸駆動ステージ3、及び基板テーブル4の動作を制御することにより、ウエハWをXYZの各軸方向及びXYZの各軸回り方向に位置制御する。

なお、ウエハステージ装置をウエハ支持台1と基板テーブル4とから構成し、ウエハ駆動装置24が平面型モータを含む構成とすることも可能である。

また、基板テーブル4上のウエハWの近傍には、基準マーク板6が固定されている。この基準マーク板6の表面は、ウエハWの表面と同じ高さに設定され、この表面には後述するアライメント用の基準マーク等の各種の基準マークが形成されている。

また、レチクルRの図1における上方には、1対のレチクルアライメント系19及び20が配置されている。これらのレチクルアライメント系19、20は、ここでは図示を省略したが、それぞれ露光光ELと同じ波長の照明光にて検出対象のマークを照明するための落射照明系と、その検出対象のマークの像を撮像するためのアライメント顕微鏡とを含んで構成されている。アライメント顕微鏡は、結像光学系と撮像素子とを含んでいる。この場合、レチクルRからの検出光をそれぞれレチクルアライメント系19及び20に導くための偏向ミラー15及び16が移動自在に配置されており、露光シーケンスが開始されると、主制御系22からの指令により、駆動装置17及び18により偏向ミラー15及び16はそれぞれレチクルアライメント系19、20と一体的に露光光ELの光路外に退避される。

更に、図1の装置は、レーザ干渉計13X1、13X2、13Y1、13Y2の反射鏡7X、7Yへの照射光束の光路を変更するための光路変更装置としての光路変更板40を有している。この光路変更板40については後述する。

また、前記主制御系22は、マイクロコンピュータ又はワークステーション等から構成されており、装置全体を統括的に制御する。例えば、走査露光時には、この主制系22は、レチクル駆動装置25、ウエハ駆動装置24をそれぞれ制御し、露光光ELの照明領域に対して、ウエハWを図1の紙面と直交する+Y方向（又は-Y方向）に一定速度Vで走査するのと同期して、レチクルRを-Y方向（又は+Y方向）に一定速度V/ $\beta$ で走査するように制御する。この主制御系22には、オペレータが各種コマンド等を入力するための入力装置23が接続されている。また、本実施形態では、この主制御系22には、基板

テーブル 4 に設けられた反射鏡 7（実際には、反射鏡 7 X 及び反射鏡 7 Y：図 2 参照）の形状情報データ 27 a を含む動作パラメータが記憶された記憶装置 27 が併設されている。

次に、図 2 ～図 11 を参照してレチクルステージ R S T 側のレチクル干渉計 14、及びウエハステージ装置側のウエハ干渉計 13 の構成等について説明する。

図 2 には基板テーブル 4 周辺の平面図が示されている。この図 2 に示されるように、基板テーブル 4 上のウエハ W の近傍に基準マーク板 6 が固定されている。基準マーク板 6 上には、レチクル R のアライメント用の 1 組の発光性の基準マーク 30 A、30 B、30 C、30 D、30 E、30 F 及び不図示のベースライン計測用マークが形成されている。

また、基板テーブル 4 の -X 方向、+Y 方向の端部側面に Y 方向に延びた X 軸の反射鏡 7 X、X 方向に延びた Y 軸の反射鏡 7 Y がそれぞれ固定されている。また、ウエハ W 上のスリット状の被露光領域 34 にレチクル R のパターンの一部の像が投影され、被露光領域 34 の両端部に所定間隔で図 1 のレチクルアライメント系 19、20 の観察領域が設定されている。

反射鏡 7 X には、Y 軸方向に沿って距離 L11 を隔てて並べられ、X 軸に平行なレーザビーム L W X 1 及び L W X 2 が照射されている。また、Z 軸方向に沿って距離 D X（図 8 参照）を隔てて並べられ、X 軸に平行な 1 対のレーザビーム L W X P が照射されている。なお、レーザビーム L W X 1、L W X 2 は、X 軸に平行で且つ投影光学系 P L の光軸 A X を通る軸 X W A に対して Y 軸方向に振り分けられている。

さらに、反射鏡 7 X には、X 軸に平行なレーザビーム L F X が照射され、また、上記のレーザビーム L W X P と同様に Z 軸方向に沿って距離 D X を隔てて並べられ、X 軸に平行な 1 対のレーザビーム L F X P が照射されている。なお、レーザビーム L F X は、X 軸に平行で且つアライメントセンサ 26 の光軸 F

Xを通る軸XFAに沿って反射鏡7Xに照射されている。

レーザビームLWX1, LWX2, LWXP, LFX, LFXPのそれぞれは、図2に示されるレーザ干渉計13X1, 13X2, 13XP, 13FX, 13FPから供給される。これらのレーザ干渉計13X1, 13X2, 13XP, 13FX, 13FPについて、図3～図10を参照して説明する。

前記レーザ干渉計13X1は、図3に示されるように、光源51X1、受光器52X1、偏光ビームスプリッタ53X1、1/2波長板54X1、偏光ビームスプリッタ55X1、1/4波長板56X1、反射プリズム（コーナーキューブ）57X1、並びに反射プリズム58X1、偏光ビームスプリッタ59X1、1/4波長板60X1、反射プリズム（コーナーキューブ）61X1を有している。

ここで、レーザ干渉計13X1の作用を説明する。前記レーザ干渉計13X1では、図3に示されるように、光源51X1から+X方向へ進行する光束が射出される。ここで、光源51X1は、例えばゼーマン効果を利用した2周波レーザが用いられ、周波数（すなわち、波長）が僅かに異なり、かつ、偏光方向が互いに直交する第1偏光成分と第2偏光成分とからなるレーザ光束を出力する。なお、第1偏光成分が垂直偏光成分（V偏光）であり、第2偏光成分が水平偏光成分（H偏光）であるとする。

光源51X1から射出された光束は、図4に示されるように、偏光ビームスプリッタ53X1に入射し、偏光方向に応じて2光束に分割される。すなわち、光源51X1から射出された第1偏光成分から成る光束LWX1は、偏光ビームスプリッタ53X1をそのまま透過して+X方向に進行し、また、第2偏光成分から成る光束LWX R1は、偏光ビームスプリッタ53X1によって偏向されて+Z方向に進行する。

偏光ビームスプリッタ53X1をそのまま透過した光束LWX1は、図5に示されるように、1/2波長板54X1を介することにより偏光方向が90°

回転されて偏光ビームスプリッタ 55 X 1 に入射し、偏光ビームスプリッタ 55 X 1 をそのまま透過する。偏光ビームスプリッタ 55 X 1 をそのまま透過した光束 L W X 1 は、1 / 4 波長板 56 X 1 によって円偏光に変換された後、Z 位置が Z W 1 で Y 位置が Y W 1 近傍である反射面 7 X S 上の点に入射して反射される。反射面 7 X S で反射された光束 L X W 1 は、1 / 4 波長板 56 X 1 によって先の偏光ビームスプリッタ 55 X 1 からの射出時から偏光方向が 90° 回転されて偏光ビームスプリッタ 55 X 1 に戻る。そして、光束 L W X 1 は、偏光ビームスプリッタ 55 X 1 によって偏向されて、-Y 方向に進行する。

こうして、-Y 方向に進行した光束 L X W 1 は、コーナーキューブの機能を果たす反射プリズム 57 X 1 によって反射され、偏光ビームスプリッタ 55 X 1 に再び入射する。そして、反射プリズム 57 X 1 から偏光ビームスプリッタ 55 X 1 に再入射した光束 L W X 1 は、偏光ビームスプリッタ 55 X 1 によって偏向されて +X 方向に進行し、1 / 4 波長板 56 X 1 によって円偏光に変換された後、Z 位置が Z W 1 で Y 位置が Y W 1 近傍である反射面 7 X S 上の点に入射して再度反射される。反射面 7 X S で再度反射された光束 L W X 1 は、1 / 4 波長板 56 X 1 によって先の偏光ビームスプリッタ 55 X 1 からの射出時から偏光方向が 90° 回転されて偏光ビームスプリッタ 55 X 1 に再度戻り、偏光ビームスプリッタ 55 X 1 をそのまま透過する。

こうして偏光ビームスプリッタ 55 X 1 を透過した光束 L W X 1 は、1 / 2 波長板 54 X 1 を介することにより偏光方向が 90° 回転されて偏光ビームスプリッタ 55 X 1 に入射した後、偏光ビームスプリッタ 55 X 1 を透過し、測定光束として受光器 52 X 1 へ向けて進行する。

一方、偏光ビームスプリッタ 52 X 1 によって偏向され、+Z 方向に進行した光束 L W X R 1 は、反射プリズム 58 X 1 によって反射されて +X 方向に進行し、偏向ビームスプリッタ 59 X 1 に入射する。以後、図 6 に示されるように、上記の図 5 の場合と同様にして、偏向ビームスプリッタ 59 X 1、1 / 4

波長板 60 X 1、及び反射プリズム 61 X 1 を介しつつ X 軸ウエハ参照鏡 MRWX で 2 度反射された後に、偏光ビームスプリッタ 59 X 1 から射出されて反射プリズム 58 X 1 に入射する。こうして反射プリズム 58 X 1 に入射した光束 LWXR1 は、反射プリズム 58 X 1 で反射されて -Z 方向に進行した後、偏光ビームスプリッタ 52 X 1 によって偏向されて -X 方向に進行し、上記の光束 LWX1 とほぼ同一の光路上を参照光束として受光器 52 X 1 へ向かう。

すなわち、受光器 52 X 1 への入射光束は、上記の測定光束 LWX1 と参照光束 LWXR1 との合成光となっている。そして、受光器 52 X 1 では、測定光束 LWX1 と参照光束 LWXR1 の偏光方向を同一として干渉させることにより、測定光束 LWX1 と参照光束 LWXR1 との光路長差を反映した干渉光を発生させ、その干渉状態を測定する。ところで、X 軸ウエハ参照鏡 MRWX は、投影光学系 PL に固定されており、光源 51 X 1 から X 軸ウエハ参照鏡 MRWX を介して受光器 52 X 1 に至る参照光束の光路長は不変をみなしてよいので、被測定光束と参照光束との干渉状態を測定することにより、反射面 7XS 上における測定光束の照射点の測長方向（X 軸方向）位置、すなわち X 位置を検出する。なお、実際には、所定状態（例えば、レチクルアライメント時の状態）においてレーザ干渉計 13 X 1 をリセットし、そのリセット状態における反射面 7XS 上の測定光束の照射点の X 軸方向位置を X 軸方向の座標原点として、位置検出が行われる。以上のようにして検出された X 位置を、以下「XW1」と表す。

図 3 に戻り、前記レーザ干渉計 13 X 2 は、上記のレーザ干渉計 13 X 1 に隣接して設けられており、レーザ干渉計 13 X 1 と同様に構成されている。より具体的には、レーザ干渉計 13 X 2 では、図 3 に示されるように、レーザ干渉計 13 X 1 との隣接面を基準として、レーザ干渉計 13 X 1 の構成要素 51 X 1 ~ 61 X 1 に対応する構成要素 51 X 2 ~ 61 X 2 が、前記隣接面に対して面対称に配置されている。

すなわち、レーザ干渉計 1 3 X 2 では、レーザ干渉計 1 3 X 1 と同様にして、反射面 7 X S に光束 L W X 2 が照射され、反射されて受光器 5 2 X 2 へ向かう測定光束（図 5 参照）と、X 軸ウエハ参照鏡 M R W に光束 L W X R 2 が照射され、反射されて受光器 5 2 X 2 へ向かう参照光束（図 6 参照）との干渉状態を測定することにより、反射面 7 X S 上における測定光束の照射点の測長方向（X 軸方向）位置を検出する。以上のようにして検出された X 位置を、以下「X W 2」と表す。

前記レーザ干渉計 1 3 X P は、図 7 に示されるように、光源 5 1 X P、受光器 5 2 X P、偏光ビームスプリッタ 5 3 X P、1/2 波長板 5 4 X P、偏光ビームスプリッタ 5 5 X P、1/4 波長板 5 6 X P、反射プリズム（コーナーキューブ）5 7 X P、並びに反射プリズム 5 8 X P、偏光ビームスプリッタ 5 9 X P、1/4 波長板 6 0 X P、反射プリズム（コーナーキューブ）6 1 X P を有している。すなわち、レーザ干渉計 1 3 X P は、上記のレーザ干渉計 1 3 X 1 と同様の構成要素を有しているが、各構成要素の Z 軸方向の配置位置が異なっている。

ここで、レーザ干渉計 1 3 X P の作用を説明する。レーザ干渉計 1 3 X P では、図 7 に示されるように、光源 5 1 X P から + X 方向へ進行する光束が射出される。ここで、光源 5 1 X P は、レーザ干渉計 1 3 X 1 における光源 5 1 X 1 と同様に、例えばゼーマン効果を利用した 2 周波レーザが用いられており、光束 L W X S 1 として周波数（すなわち、波長）が僅かに異なり、かつ、偏光方向が互いに直交する第 1 偏光成分と第 2 偏光成分とからなるレーザ光束を出力する。なお、第 1 偏光成分が垂直偏光成分（V 偏光）であり、第 2 偏光成分が水平偏光成分（H 偏光）であるとする。

光源 5 1 X P から射出された光束は、図 8 に示されるように、偏光ビームスプリッタ 5 3 X P に入射し、偏光方向に応じて 2 光束に分割される。すなわち、光源 5 1 X P から射出された光束の第 1 偏光成分から成る光束 L W X P 1、

偏光ビームスプリッタ 5 3 X P をそのまま透過して + X 方向に進行し、また、第 2 偏光成分から成る光束 L W X P 2 は、偏光ビームスプリッタ 5 3 X P によって偏向されて + Z 方向に進行する。

偏光ビームスプリッタ 5 3 X P をそのまま透過した光束 L W X P 2 は、図 9 に示されるように、レーザ干渉計 1 3 X 1 の場合と同様に、1 / 2 波長板 5 4 X P、偏光ビームスプリッタ 5 5 X P、1 / 4 波長板 5 6 X P を順次介した後、Z 位置が Z W 2 (= Z W 1 - D X)、Y 位置が Y W P 近傍である反射面 7 X S 上の点に入射して反射される。反射面 7 X S で反射された光束 L W X P 2 は、1 / 4 波長板 5 6 X P、偏光ビームスプリッタ 5 5 X P、反射プリズム 5 7 X P、1 / 4 波長板 5 6 X P を順次介した後、Z 位置が Z W 2 (= Z W 1 - D X)、Y 位置が Y W P 近傍である反射面 7 X S 上の点に入射して再反射される。反射面 7 X S で再反射された光束 L W X P 2 は、1 / 4 波長板 5 6 X P、偏光ビームスプリッタ 5 5 X P、1 / 2 波長板 5 4 X P、ビームスプリッタ 5 3 X P を順次介した後、第 1 測定光束として受光器 5 2 X P へ向けて進行する。

一方、偏光ビームスプリッタ 5 3 X P によって偏向され、+ Z 方向に進行した光束 L W X P 1 は、反射プリズム 5 8 X P によって反射されて + X 方向に進行し、偏向ビームスプリッタ 5 9 X P に入射する。以後、図 1 0 に示されるように、上記の図 9 の場合と同様にして、偏向ビームスプリッタ 5 9 X 1、1 / 4 波長板 6 0 X 1、及び反射プリズム 6 1 X 1 を介しつつ反射面 7 X S の Y Z 座標 (Y W P, Z W 1) 近傍で 2 度反射された後に、偏光ビームスプリッタ 5 9 X P から射出されて反射プリズム 5 8 X P に入射する。こうして反射プリズム 5 8 X P に入射した光束 L W X P 1 は、反射プリズム 5 8 X P で反射されて - Z 方向に進行した後、偏光ビームスプリッタ 5 2 X P によって偏向されて - X 方向に進行し、上記の第 1 被測定光束とほぼ同一の光路上を第 2 被測定光束として受光器 5 2 X P へ向かう。

すなわち、受光器 5 2 X P への入射光束は、上記の第 1 被測定光束と第 2 被



測定光束との合成光となっている。そして、受光器 5 2 X P では、第 1 測定光束と第 2 測定光束との偏光方向を同一として干渉させることにより、第 1 測定光束と第 2 測定光束との光路長差を反映した干渉光を発生させ、その干渉状態を測定する。この干渉状態の測定により、反射面 7 X S の Y 軸回りの回転量が検出される。なお、上記のレーザ干渉計 1 3 X 1 の場合と同様に、実際には、所定状態（例えば、レチクルアライメント時の状態）においてレーザ干渉計 1 3 X P をリセットし、そのリセット状態における反射面 7 X S の Y 軸回りの回転量を零として、反射面 7 X S の Y 軸回りの回転量検出が行われる。以下、レーザ干渉計 1 3 X P によって検出されたチルト情報を、以下「 $\Delta L W X P$ 」と表す。

なお、レーザビーム L X W 1、レーザビーム L X W 2、及びレーザビーム L X W P 1 とは、同一の Z 位置 Z W 1 で Y 軸方向に配列され、図 2 (A) に示されるようにレーザビーム L X W 1 とレーザビーム L X W P 1 との Y 軸方向の間隔が L 1 2 とされている。

図 2 に戻り、前記レーザ干渉計 1 3 F X は、上述のレーザ干渉計 1 3 X 1 と同様に構成されている。そして、レーザ干渉計 1 3 F X では、レーザ干渉計 1 3 X 1 と同様にして、反射面 7 X S に照射され、反射されて受光器へ向かう測定光束と、X 軸ウエハ参照鏡 M R W に照射され、反射されて受光器へ向かう参照光束との干渉状態を測定することにより、反射面 7 X S 上における測定光束の照射点の測長方向（X 軸方向）位置を検出する。以上のようにして検出された X 位置を、以下「X F」と表す。

また、前記レーザ干渉計 1 3 F P は、上述のレーザ干渉計 1 3 X P と同様に構成されている。そして、レーザ干渉計 1 3 F P では、レーザ干渉計 1 3 X P と同様にして、反射面 7 X S に照射され、反射されて受光器へ向かう第 1 測定光束と第 2 測定光束との干渉状態を測定することにより、リセット状態における反射面 7 X S の Y 軸回りの回転量を零として、反射面 7 X S の Y 軸回りの回

転量検出が行われる。以下、レーザ干渉計 13FP によって検出されたチルト情報を、以下「 $\Delta LFXP$ 」と表す。

反射鏡 7Y には、X 軸方向に沿って間隔  $L21$  で隔てられ、Y 軸に平行なレーザビーム  $LWY1$  及び  $LWY2$  が照射されている。また、Z 軸方向に沿って間隔  $DY$  (不図示) で隔てられ、X 軸に平行な 1 対のレーザビーム  $LWYP$  が照射されている。なお、レーザビーム  $LWY1$ ,  $LWY2$  は、Y 軸に平行で且つ投影光学系 PL の光軸 AX を通る軸 YWA に対して X 方向に振り分けられている。

レーザビーム  $LWY1$ ,  $LWY2$ ,  $LWYP$  のそれぞれは、図 2 に示されるレーザ干渉計 13Y1, 13Y2, 13YP から供給されており、レーザ干渉計 13Y1, 13Y2 は、測長方向が Y 軸方向であり、反射鏡 7Y 及び Y 軸ウエハ参照鏡に対向して配置される点を除いて、上述のレーザ干渉計 13X1, 13X2 と同様に構成される。なお、レーザ干渉計 13Y1, 13Y2 によって検出された Y 位置を、以下「YW1」、「YW2」と表す。また、前記レーザ干渉計 13YP は、測長方向が Y 軸方向であり、反射鏡 7Y に対向して配置される点を除いて、上述のレーザ干渉計 13XP と同様に構成される。なお、レーザ干渉計 13YP によって検出されたチルト情報を、以下「 $\Delta LWYP$ 」と表す。

以上の反射鏡 7X, 7Y は、ウエハ W の走査露光又はステッピング等の位置制御時に、レーザビーム  $LWX1$ ,  $LWX2$ ,  $LWXP$ ,  $LWY1$ ,  $LWY2$ ,  $LWYP$  が外れることが無いように、また、ウエハ W のアライメントセンサ 26 によるアライメント計測時に、レーザビーム  $LFX$ ,  $LFXP$ ,  $LWY1$ ,  $LWY2$ ,  $LWYP$  が外れることが無いように十分長く形成されている。

上記のレーザ干渉計 13X1, 13X2, 13Y1, 13Y2 によって、走査露光又はステッピング等の位置制御時における基板テーブル 4 の XY 位置 (XW, YW)、ひいてはウエハ W の XY 位置が検出される。すなわち、レーザ干

渉計 1 3 X 1, 1 3 X 2 による X 位置測定結果 X W 1, X W 2 に基づいて、基板テーブル 4 の X 位置 X W が、

$$X W = (X W 1 + X W 2) / 2 \quad \dots (3)$$

によって検出される。また、レーザ干渉計 1 3 Y 1, 1 3 Y 2 による Y 位置測定結果 Y W 1, Y W 2 に基づいて、基板テーブル 4 の Y 位置 Y W が、

$$Y W = (Y W 1 + Y W 2) / 2 \quad \dots (4)$$

によって検出される。

また、レーザ干渉計 1 3 F X, 1 3 Y 1, 1 3 Y 2 によって、アライメント計測時における基板テーブル 4 の X Y 位置 (X W (= X F), Y W)、ひいてはウエハ W の X Y 位置が検出される。すなわち、レーザ干渉計 1 3 F X による X 位置測定結果 X F が、基板テーブル 4 の X 位置 X W として検出される。また、レーザ干渉計 1 3 Y 1, 1 3 Y 2 による Y 位置測定結果 Y W 1, Y W 2 に基づいて、基板テーブル 4 の Y 位置 Y W が検出される。

また、測定値 X W 1, X W 2 又は測定値 Y W 1, Y W 2 に基づいて、基板テーブル 4 のヨーイング量  $\theta_{TW}$  が、

$$\theta_{TW} = (X W 1 - X W 2) / L 1 1 \quad \dots (5)$$

または、

$$\theta_{TW} = (Y W 1 - Y W 2) / L 2 1 \quad \dots (5')$$

によって検出される。すなわち、反射面 7 X S における測定光束 L W X 1 の照射点と測定光束 L W X 2 の照射点との間における反射面 7 X S の Z 軸回りの局所的な回転角、または、反射面 7 Y S における測定光束 L W Y 1 の照射点と測定光束 L W Y 2 の照射点との間における反射面 7 Y S の Z 軸回りの局所的な回転角から、基板テーブル 4 のヨーイング量  $\theta_{TW}$  が検出される。

さらに、測定値 X W 1, X W 2, Y W 1, Y W 2 に基づいて、反射鏡 7 X, 7 Y のリセット状態からの基板テーブル 4 における直交度誤差変動  $\Delta \omega_v$  が、

$$\Delta \omega_v = (Y W 1 - Y W 2) / L 2 1$$

$$- (XW1 - XW2) / L11 \quad \dots (6)$$

によって検出される。すなわち、反射面 7 X S における測定光束 L W X 1 の照射点と測定光束 L W X 2 の照射点との間における反射面 7 X S の Z 軸回りの局所的な回転角と、反射面 7 Y S における測定光束 L Y X 1 の照射点と測定光束 L Y X 2 の照射点との間における反射面 7 Y S の Z 軸回りの局所的な回転角との差から、反射鏡 7 X, 7 Y のリセット状態からの基板テーブル 4 における直交度誤差変動  $\Delta\omega_{\parallel}$  が検出される。

以上のようにして検出される X 座標 X W 及び Y 座標 Y W よりなる座標系が、ウエハステージの座標系 (X W, Y W) と呼ぶ。この座標系 (X W, Y W) は、リセット状態からの値であり、X 軸及び Y 軸よりなる設計上の理想的な直交座標系とは或る程度異なっているが、所定の条件に較正された後、ウエハ W の移動は較正されたウエハステージの新座標系 (X W, Y W) に基づいて行われる。

図 1 1 には、レチクル微動ステージ 1 1 周辺の平面図が示されている。この図 1 1 に示されるように、レチクル微動ステージ 1 1 上にレチクル R が保持されている。また、レチクル微動ステージ 1 1 の + X 方向の端部、及び - Y 方向の端部には Y 方向に延びた X 軸の反射鏡 2 1 X、コーナーキューブよりなる 2 個の Y 軸の反射鏡 2 1 Y 1, 2 1 Y 2 がそれぞれ固定されている。また、レチクル微動ステージ 1 1 は、主制御系 2 2 の制御の下で、ボイスコイルモータを駆動源とするアクチュエータ 3 8 L, 3 8 R によって駆動される。

反射鏡 2 1 X には、Y 軸方向に沿って間隔 L 3 で隔てられ、X 軸に平行なレーザビーム L R X 1 及び L R X 2 が照射されている。なお、レーザビーム L R X 1, L R X 2 は、X 軸に平行で且つそれぞれ投影光学系 P L の光軸 A X を通る軸 X R A に対して Y 軸方向に振り分けられている。また、反射鏡 2 1 Y 1, 2 1 Y 2 には、X 軸方向に沿って間隔 L 3 で隔てられ、Y 軸に平行なレーザビーム L R Y 1 及び L R Y 2 が照射されている。なお、レーザビーム L R Y 1,

L R Y 2 は、Y 軸に平行で且つそれぞれ投影光学系 P L の光軸 A X を通る軸 Y R A に対して X 軸方向に振り分けられている。

レーザビーム L R X 1, L R X 2, L R Y 1, L R Y 2 のそれぞれは、レチクル干渉計 1 4 X 1, 1 4 X 2, 1 4 Y 1, 1 4 Y 2 から供給されている。そして、レチクル微動ステージ 1 1 の X 位置がレチクル干渉計 1 4 X 1, 1 4 X 2 による測定値に基づいて検出され、また、レチクル微動ステージ 1 1 の Y 位置がレチクル干渉計 1 4 Y 1, 1 4 Y 2 による測定値に基づいて検出される。

前記レチクル干渉計 1 4 X 1, 1 4 X 2 は、反射鏡 2 1 X 及び X 軸レチクル参照鏡に対向して配置される点を除いて、上述のレーザ干渉計 1 3 X 1, 1 3 X 2 と同様に構成される。なお、レチクル干渉計 1 4 X 1, 1 4 X 2 によって検出された X 位置を、以下「X R 1」、「X R 2」と表す。

また、前記レチクル干渉計 1 4 Y 1, 1 4 Y 2 は、反射鏡 2 1 Y 1, 2 1 Y 2 及び Y 軸レチクル参照鏡に対向して配置される点を除いて、上述のレーザ干渉計 1 3 Y 1, 1 3 Y 2 と同様に構成される。なお、レチクル干渉計 1 4 Y 1, 1 4 Y 2 によって検出された Y 位置を、以下「Y R 1」、「Y R 2」と表す。

なお、Y 方向の反射鏡（コーナーキューブ）2 1 Y 1, 2 1 Y 2 で反射されたレーザビーム L R Y 1, L R Y 2 はそれぞれ反射ミラー 1 4 M 1, 1 4 M 2 で反射されて戻されており、レチクル微動ステージ 1 1 が回転してもレーザビームの位置ずれが生じない構成になっている。また、レチクル R 上の矩形の照明領域 3 6 に露光光 E L が照射され、照明領域 3 6 の両端にレチクルアライメント系 1 9, 2 0 の観察領域が設定されている。なお、照明領域 3 6 は、図 2 のウエハ W 上の露光領域 3 4 と共役である。また、図 1 1 に示されるように、一例としてレチクル R のパターン領域の両側には十字型のアライメントマーク 3 2 A ~ 3 2 F が形成されている。図 2 の基準マーク板 6 上の基準マーク 3 0 A ~ 3 0 F をレチクル側に投影したときの各投影像の位置関係は、アライメントマーク 3 2 A ~ 3 2 F の相互の位置関係とほぼ等しい。

上記のレーザ干渉計 1 4 X 1, 1 4 X 2, 1 4 Y 1, 1 4 Y 2 によって、レチクル微動テーブル 1 1 の X Y 位置 (X R, Y R)、ひいてはレチクル R の X Y 位置が検出される。すなわち、レーザ干渉計 1 4 X 1, 1 4 X 2 による X 位置測定結果 X R 1, X R 2 に基づいて、微動ステージ 1 1 の X 位置 X R が、

$$X R = (X R 1 + X R 2) / 2 \quad \dots (7)$$

によって検出される。また、レチクル干渉計 1 4 Y 1, 1 4 Y 2 による Y 位置測定結果 Y R 1, Y R 2 に基づいて、微動ステージ 1 1 の Y 位置 Y R が、

$$Y R = (Y R 1 + Y R 2) / 2 \quad \dots (8)$$

によって検出される。

また、測定値 X R 1, X R 2 に基づいて、レチクル R のヨーイング量  $\theta_{ZR}$  が、

$$\theta_{ZR} = (X R 1 - X R 2) / L 3 \quad \dots (9)$$

によって検出される。さらに、測定値 X R 1, X R 2, Y R 1, Y R 2 に基づいて、反射鏡 2 1 X と反射鏡 2 1 Y 1, 2 1 Y 2 との直交度誤差変動  $\Delta \omega_R$  が、

$$\begin{aligned} \Delta \omega_R = & (Y R 1 - Y R 2) / L 4 \\ & - (X R 1 - X R 2) / L 3 \quad \dots (10) \end{aligned}$$

によって検出される。

以上のように検出される X 座標 X R 及び Y 座標 Y R よりなる座標系がレチクルステージの座標系 (X R, Y R) と呼ばれる。この座標系 (X R, Y R) は、X 軸及び Y 軸よりなる設計上の理想的な直交座標系とは或る程度異なっている場合があるが、レチクル R はレチクルステージの座標系 (X R, Y R) に基づいて駆動される。

次に、上述の基板テーブル 4 の X Y 位置 (X W, Y W) の補正及びウエハ W の X Y 位置のアッペ誤差の補正に使用される、基板テーブル 4 の側面に設けられた反射鏡 7 X, 7 Y の反射面の形状計測について、図 1 2 ~ 図 1 6 を参照して説明する。かかる形状計測にあたっては、上述の露光装置 1 0 0 の構成要素

の内、主制御系 22、レーザ干渉計 13X1, 13X2, 13Y1, 13Y2、ウエハ駆動装置 24、アライメントセンサ 26、及び光路変更板 40等が使用される。すなわち、主制御系 22、レーザ干渉計 13X1, 13X2, 13Y1, 13Y2、ウエハ駆動装置 24、アライメントセンサ 26、及び光路変更板 40等から反射鏡 7X, 7Yの反射面の形状計測装置が構成されている。

まず、主制御系 22がウエハ駆動装置 24を介して基板テーブル 4を制御し、基板テーブル 4表面がXY面とほぼ平行になるように、基板テーブル 4を駆動する。そして、主制御系 22が不図示のプレート駆動装置を介して、光路変更板 40を駆動し、図 12においてウエハ干渉系 13X1について代表的に示されるように、レーザ干渉計 13X1, 13X2から射出された測定光束 LWX1, LWX2の反射鏡 7Xに至る光路上から退避させる。この結果、測定光束 LWX1, LWX2は、反射鏡 7XのZ位置 ZW1に照射されることになる。引き続き、主制御系 22がウエハ駆動装置 24を介してウエハX軸駆動ステージ 2及びウエハY軸駆動ステージ 3を制御し、基板テーブル 4を図 13において実線で示される計測開始位置に移動させる。以上の基板テーブル 4の移動中において基板テーブル 4が所定位置となったときに、レーザ干渉計 13X1, 13X2, 13Y1, 13Y2をリセットする。なお、本実施形態では、基板テーブル 4が計測開始位置にきたときに、レーザ干渉計 13X1, 13X2, 13Y1, 13Y2をリセットしている。また、形状計測時におけるレーザ干渉計 13X1, 13X2, 13Y1, 13Y2のリセット位置と、後述する位置制御時におけるレーザ干渉計 13X1, 13X2, 13Y1, 13Y2のリセット位置とは所定の位置関係となっている。

次に、主制御系 22がウエハ駆動装置 24を介して、Y軸ウエハ駆動ステージ 2を制御し、基板テーブル 4を-Y方向に移動させつつ、レーザ干渉計 13X1, 13X2, 13Y1, 13Y2によって検出されたX位置 XW1 (t, ZW1), XW2 (t, ZW1) 及びY位置 YW1 (t, ZW1), YW2 (t

、ZW1)(t:時刻)をほぼ同時に収集する作業を逐次実行する。

ところで、各収集時における反射面7XSのZ軸回りの局所的な回転量 $\theta_{zx}$ (t, ZW1)及び反射面7YSのZ軸回りの局所的な回転量 $\theta_{zy}$ (t, ZW1)は、

$$\theta_{zx}(t, ZW1) = (XW1(t, ZW1) - XW2(t, ZW1)) / L11 \quad \dots (11)$$

$$\theta_{zy}(t, ZW1) = (YW1(t, ZW1) - YW2(t, ZW1)) / L21 \quad \dots (12)$$

によって求められる。

ここで、基板テーブル4は-Y方向に移動するので、ウエハ干渉系13Y1、13Y2から射出された測定光束LWY1、LWY2は、実質的には反射鏡7Yの同一位置に照射され続ける。したがって、反射鏡7YのZ軸回りの局所的な回転量 $\theta_{zy}$ (t, ZW1)には、Y軸方向に関する反射鏡7Yの1次元的な形状変化の寄与は含まれていないので、回転量 $\theta_{zy}$ (t, ZW1)は、基板テーブル4の移動に伴う基板テーブル4の時刻tにおけるZ軸回りの回転量、すなわち基板テーブル4のヨーイング量そのものとなっているとみなしてよい。

一方、反射鏡7XのZ軸回りの局所的な回転量 $\theta_{zx}$ (t, ZW1)は、各収集時における基板テーブル4のヨーイング量と反射鏡7Xの反射面7XSのX軸方向に関する1次元的な形状変化との和となっている。したがって、反射鏡7Xの反射面7XSのX軸方向に関する1次元的な形状変化による、反射鏡7XのZ軸回りの局所的な回転量 $\Theta_{zx}$ (t, ZW1)は、

$$\Theta_{zx}(t, ZW1) = \theta_{zx}(t, ZW1) - \theta_{zy}(t, ZW1) \quad \dots (13)$$

によって求められる。

ところで、各収集時における基板テーブル4のY位置YW(t, ZW1)は



$$YW(t, ZW1) = (YW1(t, ZW1) + YW2(t, ZW1)) / 2 \quad \dots (14)$$

によって求められ、時刻  $t$  に対して一義的に決まる。

すなわち、反射鏡 7 X の Z 軸回りの局所的な回転量  $\Theta_{zx}(t, ZW1)$  を、反射鏡 7 X の Z 軸回りの局所的な回転量  $\Theta_{zx}(YW, ZW1)$  と表すことができる。したがって、レーザ干渉計 13 X 1, 13 X 2 のリセット時における Y 位置（以下、「計測基準 Y 位置」という）を  $YWS$  として、Z 位置  $ZW1$  における反射鏡 7 X の Y 軸方向に関する 1 次元形状  $DXW(YW, ZW1)$  は、次式によって求められる。

$$DXW(YW, ZW1) = \int_{YWS}^{YW} \Theta_{zx}(t, ZW1) d(YW) \quad \dots (15)$$

そこで、主制御系 22 は、収集した X 位置  $XW1(t, ZW1)$ ,  $XW2(t, ZW1)$  及び Y 位置  $YW1(t, ZW1)$ ,  $YW2(t, ZW1)$  に基づいて、上記の (11) 式から (15) 式までを使用して、Z 位置  $ZW1$  における反射鏡 7 X の Y 軸方向に関する 1 次元形状  $DXW(YW, ZW1)$  を算出する。

次に、主制御系 22 がウエハ駆動装置 24 を介してウエハ X 軸駆動ステージ 2 及びウエハ Y 軸駆動ステージ 3 を制御し、基板テーブルを図 13 において実線で示される計測開始位置に移動させる。引き続き、主制御系 22 が不図示のプレート駆動装置を介して、光路変更板 40 を駆動し、図 14 においてウエハ干渉系 13 X 1 について代表的に示されるように、レーザ干渉計 13 X 1, 13 X 2 から射出された測定光束  $LWX1$ ,  $LWX2$  の反射鏡 7 X に至る光路上に移動させる。この結果、測定光束  $LWX1$ ,  $LWX2$  は、反射鏡 7 X の Z 位置  $ZW2$  に照射されることになる。この後、レーザ干渉計 13 X 1, 13 X 2 をリセットする。

次いで、Z 位置  $ZW1$  における 1 次元形状計測と同様にして、主制御系 22

がウエハ駆動装置 24 を介して、Y 軸ウエハステージ 3 を制御し、基板テーブル 4 を -Y 方向に移動させつつ、レーザ干渉計 13 X 1, 13 X 2, 13 Y 1, 13 Y 2 によって検出された X 位置  $XW1(t, ZW2)$ ,  $XW2(t, ZW2)$  及び Y 位置  $YW1(t, ZW2)$ ,  $YW2(t, ZW2)$  をほぼ同時に収集する作業を逐次実行する。そして、主制御系 22 が、収集した X 位置  $XW1(t, ZW2)$ ,  $XW2(t, ZW2)$  及び Y 位置  $YW1(t, ZW2)$ ,  $YW2(t, ZW2)$  に基づいて、上記の (11) 式から (15) 式と同様の式を利用して、Z 位置  $ZW2$  における反射鏡 7 X の Y 軸方向に関する 1 次元形状  $DXW(YW, ZW2)$  が算出される。

こうして、反射鏡 7 X の反射面 7 X S の形状情報 [ $DXW(YW, ZW1)$ ,  $DXW(YW, ZW2)$ ] が得られる。

また、反射鏡 7 Y の反射面 7 Y S の形状情報 [ $DYW(XW, ZW1)$ ,  $DYW(XW, ZW2)$ ] は、上記の反射面 7 X S の形状計測と同様にして、主制御系 22、レーザ干渉計 13 X 1, 13 X 2, 13 Y 1, 13 Y 2、ウエハ駆動装置 24、アライメントセンサ 26、及び光路変更板 40 等が使用される。すなわち、主制御系 22、レーザ干渉計 13 X 1, 13 X 2, 13 Y 1, 13 Y 2、ウエハ駆動装置 24、アライメントセンサ 26、及び光路変更板 40 等によって、反射鏡 7 Y の反射面 7 Y S の形状計測を行うことによって得られる。

以上のようにして得られた反射鏡 7 X の反射面 7 X S の形状情報 [ $DXW(YW, ZW1)$ ,  $DXW(YW, ZW2)$ ] 及び反射鏡 7 Y の反射面 7 Y S の形状情報 [ $DYW(YW, ZW1)$ ,  $DYW(YW, ZW2)$ ] が、図 15 に示されている。ここで、1 次元形状  $DXW(YW, ZW1)$  と 1 次元形状  $DXW(YW, ZW2)$  とを比較してみると、計測基準 Y 位置  $YWS$  において、

$$DXW(YWS, ZW1) = DXW(YWS, ZW2)$$

となっている。これは、1 次元形状  $DXW(YW, ZW1)$  及び 1 次元形状  $DXW(YW, ZW2)$  の計測それぞれの計測基準 Y 位置  $YWS$  において、レー

ザ干渉計 1 3 X 1, 1 3 X 2 の双方をリセットするからである。

したがって、1次元形状 D X W (Y W, Z W 1) と 1次元形状 D X W (Y W, Z W 2) とに基づいて、反射面 7 X S の各 Y 位置における Y 軸回りの回転量  $\theta_Y (Y W)$  を、

$$\theta_Y (Y W) = (D X W (Y W, Z W 1) - D X W (Y W, Z W 2)) / D X \quad \dots (16)$$

で求めると、必ず、

$$\theta_Y (Y W S) = 0 \quad \dots (17)$$

となることになる。

すなわち、上記の (17) 式によると、反射面 7 X S の計測基準 Y 位置 Y W S では、反射面 7 X S の Y 軸回りの回転量が必ず「0」として計測されることになる。しかし、実際には、Z 位置 Z W 1 における 1次元形状計測及び Z 位置 Z W 2 における 1次元形状計測でそれぞれ、レーザ干渉計 1 3 X 1, 1 3 X 2 のリセット時における状態が同一であるとは限らない。したがって、一般には、Z 位置 Z W 1 における 2次元位置検出値 X W (Z W 1), Y W (Z W 1) と、Z 位置 Z W 2 における 2次元位置検出値 X W (Z W 2), Y W (Z W 2) との間にはオフセットが存在することになる。このため、(16) 式によって求められる反射面 7 X S の各 Y 位置における Y 軸回りの回転量  $\theta_Y (Y W)$  は、実際の反射面 7 X S の Y 軸回りの回転量とは異なっている。かかる事情は、反射面 7 Y S の X 軸回りの回転量についても同様である。

かかるオフセットを補正するために、本実施形態では、図 1 3 に示されるような基準マーク M K X 1, M K X 2 及び基準マーク M K Y 1, M K Y 2 の配列方向の直交方向に配列された基準マーク M K Y 1, M K Y 2 が形成された計測用ウエハ W T を使用する。そして、計測用ウエハ W T を基板テーブル 4 に搭載し、反射面 7 X S に関する 1次元形状 D X W (Y W, Z W 1) 及び 1次元形状 D X W (Y W, Z W 2) の計測それぞれにおいて、基準マーク M K X 1, M K

X 2 の X 位置及び基準マーク MK Y 1, MK Y 2 の Y 位置を以下のようにして測定することになっている。なお、反射面 7 Y S に関する 1 次元形状 D Y W (X W, Z W 1) 及び 1 次元形状 D Y W (X W, Z W 2) の計測それぞれにおいても、基準マーク MK X 1, MK X 2 の X 位置及び基準マーク MK Y 1, MK Y 2 の Y 位置を同様に測定することになっている。

すなわち、上述の 1 次元形状計測に先立って、図 1 3 に示されるような基準マーク MK X 1, MK X 2 及び基準マーク MK X 1, MK X 2 の配列方向の直交方向に配列された基準マーク MK Y 1, MK Y 2 が形成された計測用ウエハ W T を、例えば、基準マーク MK X 1 と基準マーク MK X 2 とを結ぶ直線が Y 軸とほぼ平行となるとともに、基準マーク MK Y 1 と基準マーク MK Y 2 とを結ぶ直線が X 軸とほぼ平行となるように基板テーブル 4 にロードして、基板テーブル 4 によって保持させる。引き続き、主制御系 2 2 がウエハ駆動装置 2 4 を介してウエハ X 軸駆動ステージ 2 及びウエハ Y 軸駆動ステージ 3 を制御し、基板テーブルを図 1 3 において実線で示される計測開始位置に移動させる。すなわち、主制御系 2 2 がウエハ駆動装置 2 4 を介し、ウエハ X 軸駆動ステージ 2 を制御して、Y 軸方向に移動したときに基準マーク MK X 1 と基準マーク MK X 2 とをアライメントセンサ 2 6 の視野で捉えることのできる X 位置に基板テーブル 4 を移動させるとともに、ウエハ Y 軸駆動ステージ 3 を制御して、計測開始位置に基板テーブル 4 を移動させる。

次いで、前述した 1 次元形状 D X W (Y W, Z W 1) 計測を行い、この 1 次元形状 D X W (Y W, Z W 1) の計測におけるレーザ干渉計 1 3 X 1, 1 3 X 2, 1 3 Y 1, 1 3 Y 2 の状態で、基準マーク MK X 1, MK X 2 の X 位置及び基準マーク MK Y 1, MK Y 2 の Y 位置を、レーザ干渉計 1 3 X 1, 1 3 X 2, 1 3 Y 1, 1 3 Y 2 及びアライメントセンサ 2 6 を使用して測定する。こうして測定された基準マーク MK X 1 の X 位置を X M X 1 (Z W 1)、基準マーク MK X 2 の X 位置を X M X 2 (Z W 1)、基準マーク MK Y 1 の Y 位置を Y M

Y1 (ZW1)、基準マークMKY2のY位置をYMY2 (ZW1) とする。

同様に、前述した1次元形状DXW (YW, ZW2) 計測を行い、この1次元形状DXW (YW, ZW2) の計測におけるレーザ干渉計13X1, 13X2, 13Y1, 13Y2の状態、基準マークMKX1, MKX2のX位置及び基準マークMKY1, MKY2のY位置を、レーザ干渉計13X1, 13X2, 13Y1, 13Y2及びアライメントセンサ26を使用して測定する。こうして測定された基準マークMKX1のX位置をXMX1 (ZW2)、基準マークMKX2のX位置をXMX2 (ZW2)、基準マークMKY1のY位置をYMY1 (ZW2)、基準マークMKY2のY位置をYMY2 (ZW2) とする。

なお、上記の1次元形状計測と基準マークの位置計測とは、どちらを先に行ってもよい。

この結果、基準マークMKX1に関する測定からX位置オフセット $\Delta XM1$ 、基準マークMKX2に関する測定からX位置オフセット $\Delta XM2$ 、基準マークMKY1に関する測定からY位置オフセット $\Delta YM1$ 、基準マークMKY2に関する測定からY位置オフセット $\Delta YM2$ が、

$$\Delta XM1 = XM1 (ZW1) - XM1 (ZW2)$$

$$\Delta XM2 = XM2 (ZW1) - XM2 (ZW2)$$

$$\Delta YM1 = YM1 (ZW1) - YM1 (ZW2)$$

$$\Delta YM2 = YM2 (ZW1) - YM2 (ZW2)$$

によって求められる。

ここで、値 $\Delta XM1$ 、 $\Delta XM2$ は、1次元形状DXW (YW, ZW1) の計測当初のレーザ干渉計13X1, 13X2のリセット時における基板テーブル4のX位置と、1次元形状DXW (YW, ZW2) の計測当初のレーザ干渉計13X1, 13X2のリセット時における基板テーブル4のX位置との間の差、すなわち、1次元形状DXW (YW, ZW1) と1次元形状DXW (YW, ZW2) との間のXオフセット量 $\Delta XOF$ を反映している。また、値 $\Delta YM1$

、 $\Delta Y M 2$  は、1次元形状  $D X W (Y W, Z W 1)$  の計測当初のレーザ干渉計  $1 3 Y 1$ 、 $1 3 Y 2$  のリセット時における基板テーブル4のY位置と、1次元形状  $D X W (Y W, Z W 2)$  の計測当初のレーザ干渉計  $1 3 Y 1$ 、 $1 3 Y 2$  のリセット時における基板テーブル4のY位置との間の差、すなわち、1次元形状  $D X W (Y W, Z W 1)$  における  $Y W$  と1次元形状  $D X W (Y W, Z W 2)$  における  $Y W$  との間のYオフセット量  $\Delta Y O F$  を反映している。

ところで、Xオフセット量  $\Delta X O F$  は  $Y W$  値によらず一定であり、値  $\Delta X M 1$  と値  $\Delta X M 2$  とは原則として同一となるはずであるが、測定値  $\Delta X M 1$ 、 $\Delta X M 2$  には測定誤差等が含まれているので、本実施形態では、

$$\Delta X O F = (\Delta X M 1 + \Delta X M 2) / 2$$

によってXオフセット量  $\Delta X O F$  を求めることにしている。また、Yオフセット量  $\Delta Y O F$  は  $X W$  値によらず一定であり、値  $\Delta Y M 1$  と値  $\Delta Y M 2$  とは原則として同一となるはずであるが、測定値  $\Delta Y M 1$ 、 $\Delta Y M 2$  には測定誤差等が含まれているので、本実施形態では、

$$\Delta Y O F = (\Delta Y M 1 + \Delta Y M 2) / 2$$

によってYオフセット量  $\Delta Y O F$  を求めることにしている。

そして、主制御系22では、1次元形状  $D X W (Y W, Z W 1)$ 、1次元形状  $D X W (Y W, Z W 2)$ 、及びXオフセット量  $\Delta X O F$ 、Yオフセット量  $\Delta Y O F$  に基づいて、反射面7XSの形状情報 [ $d X W (Y W, Z W 1)$ 、 $d X W (Y W, Z W 2)$ ] を求めている。なお、反射面7XSの形状情報 [ $d X W (Y W, Z W 1)$ 、 $d X W (Y W, Z W 2)$ ] は、

$$d X W (Y W, Z W 1) = D X W (Y W, Z W 1)$$

$$d X W (Y W, Z W 2) = D X W (Y W + \Delta Y O F, Z W 2) + \Delta X O F$$

によって求められる。

また、反射鏡7Yの反射面7YSの形状情報 [ $d Y W (X W, Z W 1)$ 、 $d Y W (X W, Z W 2)$ ] は、上記の反射鏡7Xの反射面7XSの形状計測と同様に

して、主制御系 22、レーザ干渉計 13X1, 13X2, 13Y1, 13Y2、ウエハ駆動装置 24、アライメントセンサ 26、及び光路変更板 40等が使用される。すなわち、主制御系 22、レーザ干渉計 13X1, 13X2, 13Y1, 13Y2、ウエハ駆動装置 24、アライメントセンサ 26、及び光路変更板 40等によって、1次元形状DYW(XW, ZW1)、1次元形状DYW(XW, ZW2)の計測に加えて、基準マークMKX1, MKX2のX位置及び基準マークMKY1, MKY2のY位置検出を行うことによって得られる。

以上のようにして得られた反射鏡 7Xの反射面 7XSの形状情報 [dXW(YW, ZW1), dXW(YW, ZW2)] 及び反射鏡 7Yの反射面 7YSの形状情報 [dYW(XW, ZW1), dYW(XW, ZW2)] が、図 16に示されている。かかる形状情報 [dXW(YW, ZW1), dXW(YW, ZW2)] 及び形状情報 [dYW(XW, ZW1), dYW(XW, ZW2)] は、主制御系 22によって、記憶装置 27に形状情報 27aとして格納される。

主制御系 22は、前述のX位置XW、Y位置YW、ヨーイング量 $\theta_w$ 、及び反射鏡 7X, 7Yの直交度誤差変動 $\Delta\omega_w$ の検出にあたり、レーザ干渉計 13X1, 13X2, 13Y1, 13Y2から出力された測定結果XW1, XW2, YW1, YW2について、上述のようにして事前に計測された反射面 7XSの形状情報 [dWX(YW, ZW1)] 及び反射面 7YSの形状情報 [dWY(XW, ZW1)] を考慮した補正を行う。

また、主制御系 22は、レーザ干渉計 13XPによって検出された反射面 7XSのチルト情報 $\Delta LWXP$ 、及びレーザ干渉計 13YPによって検出された反射面 7YSのチルト情報 $\Delta LWYP$ に基づいて、アッペ誤差を以下のようにして求める。

レーザ干渉計 13XPによる検出値 $\Delta LWXP$ には、レーザ干渉計 13XPのリセット状態を基準とした基板テーブル 4のY軸回りの回転量に起因して発生した光路差 $\Delta LWXP1$ と、反射面 7XSのY軸方向に関するうねりやねじ

れ等に起因して発生した光路差 $\Delta L W X P 2$ とが含まれている。なお、上述の反射面 $7 X S$ 、 $7 Y S$ の形状計測時におけるレーザ干渉計 $1 3 X 1$ 、 $1 3 X 2$ 、 $1 3 Y 1$ 、 $1 3 Y 2$ のリセット位置と、基板テーブル4の位置検出時のレーザ干渉計 $1 3 X 1$ 、 $1 3 X 2$ 、 $1 3 Y 1$ 、 $1 3 Y 2$ のリセット位置との位置関係は予め定められており、既知である。

ところで、レーザ干渉計 $1 3 X P$ から射出された測定光束 $L W X P$ の照射点の $Y$ 位置 $Y W P$ は、

$$Y W P = Y W - (L 1 1 / 2) - L 1 2 \quad \dots (18)$$

によって求められる。また、レーザ干渉計 $1 3 X P$ のリセット時における測定光束 $L W X P$ の照射点の $Y$ 位置 $Y W P 0$ は、上述のように既知である。そこで、光路差 $\Delta L W X P 2$ は、

$$\begin{aligned} \Delta L W X P 2 = & \{ [d W X (Y W P, Z W 1) \\ & - d W X (Y W P, Z W 2)] \\ & - \{d W X (Y W P 0, Z W 1) \\ & - d W X (Y W P 0, Z W 2)\} \} \quad \dots (19) \end{aligned}$$

によって求めることができる。

したがって、光路差 $\Delta L W X P 1$ は、

$$\Delta L W X P 1 = \Delta L W X P - \Delta L W X P 2 \quad \dots (20)$$

によって求めることができる。この結果、基板テーブル4の $Y$ 軸回りの回転量 $\theta_{YR}$ は、

$$\theta_{YR} = \Delta L W X P 1 / D X \quad \dots (21)$$

によって求められる。そして、基板テーブル4の $X Y$ 位置検出の $Z$ 位置 $Z W 1$ とウエハ $W$ 表面の $Z$ 位置との差 $L$  (図4参照) が既知であれば、基板テーブル4の $Y$ 軸回りの回転量 $\theta_{YR}$ による $X$ 軸方向のアッペ誤差 $\Delta X_A$ が、

$$\Delta X_A = L \cdot \theta_{YR} \quad \dots (22)$$

によって求められる。なお、以上の(17)～(22)式の計算は主制御系2



2によって行われる。

また、基板テーブル4のX軸回りの回転量 $\theta_{xw}$ によるY軸方向のアッペ誤差 $\Delta Y_A$ は、X軸方向のアッペ誤差 $\Delta X_A$ の場合と同様にして、レーザ干渉計13 YPによる測定結果 $\Delta LWYP$ と、反射面7YSの形状情報 $[(dWY(XW, ZW1), dWY(XW, ZW2))]$ とに基づいて求められる。

また、ウエハW表面のZ位置並びにX軸回り及びY軸回りの回転量は、前記多点フォーカス位置検出系(28, 29)によって検出され、主制御系22に供給される。

以上のようにして、ウエハWの位置及び姿勢の検出、並びにアッペ誤差の検出が行われる。

次に、本実施形態の露光装置100による、レチクルRに形成されたパターンをウエハWに転写する露光動作について説明する。

まず、不図示のレチクルローダによって、レチクルがレチクルステージRSTの微動ステージ11上にロードされる。そして、基準マーク板6を用いてレチクルアライメントが行われる。

このレチクルアライメントの動作を簡単に説明すると、まず、主制御系22の制御により、ウエハY軸駆動ステージ2及びウエハX軸駆動ステージ3を駆動することによって、基準マーク板6の基準マーク30A, 30Bを投影光学系PLに関してレチクルR上の照明領域36と共役な露光領域(パターン像の投影領域)内に移動して静止させるとともに、レチクル走査ステージ10を駆動して図11のレチクル12上のアライメントマーク32A, 32Bを照明領域36内に移動する。

次に、レチクルアライメント系19, 20によって、基準マーク30A, 30Bと対応するアライメントマーク32A, 32Bとの位置ずれ量を検出する。そして、主制御系22は、検出された位置ずれ量に基づいて、レチクル走査ステージ10及びレチクル微動ステージ11を駆動して、基準マーク30A及

び30Bの像に対してアライメントマーク32A及び32Bの位置ずれ量が対称になるように合わせ込む。これによって、レチクルRの位置及び回転角が基準マーク板6に対して合わせ込まれる。また、この状態で例えば、レチクルステージRST側の4軸のレチクル干渉計14X1, 14X2, 14Y1, 14Y2の計測値、及びウエハステージ側の4軸のレーザ干渉計13X1, 13X2, 13Y1, 13Y2の計測値をリセットすることによって、上述のレチクルステージの座標系(XR, YR)と、ウエハステージの座標系(XW, YW)との原点のオフセットが補正される。

次いで、後に行われる走査露光時における基板テーブル4の走査方向が、基準マーク板6の基準マーク30A, 30C, 30Eの配列方向とに平行となるようにする。このためには、例えば、機械的に基準マーク30A, 30C, 30Eの配列方向が反射鏡7Xの反射面7XSと平行に設定される。但し、機械的な調整誤差が残存する際には、ウエハステージのY座標YWが所定ステップ変化する毎に、そのX座標XWが対応する量だけ変化するようにして、ソフトウェア的に基板テーブル4の走査方向を補正してもよい。以下では、このように補正された走査方向をY軸とする座標系をウエハステージの座標系(XW, YW)と呼ぶ。

次に、露光光ELを照射することなく、走査露光時と同様にウエハステージ側のステージとレチクルステージ側のステージとを互いに反対向き移動させて、基準マーク板6上の基準マーク30C~30Fと対応するレチクルR上のアライメントマーク32C~32Fとの相対的な位置ずれ量をレチクルアライメント系19, 20によって順次検出する。これらの相対的な位置ずれ量の平均値より、レチクルRの走査方向とウエハWの走査方向との傾き角、すなわちレチクルステージの座標系(XR, YR)と、ウエハステージの座標系(XW, YW)との走査方向の軸の回転角を求める。その後、レチクルRを走査する際には、レチクル走査ステージ10及びレチクル微動ステージ11を介して、Y

座標 Y R が所定間隔変化する間に X 座標 X R を対応する量だけ横ずれさせることによって、ソフトウェア的にレチクル R の走査方向を基準マーク板 6 の基準マークの配列方向に合わせ込む。以下では、このように補正された走査方向を Y 軸とする座標系をレチクルステージの座標系 (X R, Y R) と呼ぶ。

この結果、ウエハステージの座標系 (X W, Y W) 及びレチクルステージの座標系 (X R, Y R) は、基準マーク板 6 を基準として走査方向の軸が互いに平行になり、走査露光時にレチクル R とウエハ W とは平行に走査される。この場合、各ステージの移動は各ステージのガイド面基準であるので、露光装置 100 の組立調整時に、例えばレチクル走査ステージ 10 のガイド面とウエハ Y 軸駆動ステージ 2 のガイド面との平行度を数  $100 \mu\text{rad}$  程度以下に機械的に合わせておく。

更に、それらのガイド面に対して反射鏡及び基準マーク板 6 を合わせて固定することで、走査露光時に各ステージを非走査方向へも駆動することによるソフトウェア的な補正量を小さくし、制御精度を向上させている。このように調整されたレチクル微動ステージ 11 に対し、実際にレチクル R を載置した場合、レチクル R が外形基準等で設けられると、各反射鏡 21 X, 21 Y1, 21 Y2 及び基準マーク板 6 に対しレチクル R のアライメントマーク 32 A~32 F のみが大きく回転している可能性がある。これは、レチクル R の外形と転写用パターンとの間の位置ずれ量は大きいときには 0.5 mm 程度あるからである。

図 11 のレチクル R の外形と転写用パターンとの位置ずれ量が大きいと、レチクル R のアライメントマーク 32 A~32 F と基準マーク板 6 の基準マーク 30 A~30 F との位置ずれ量を計測した場合、相対的にレチクル R と基準マーク板 6 とが大きく回転しているか、大きなオフセットを持っていると認識される。かかる場合には、基準マーク板 6 は反射鏡 7 X, 7 Y に合わせて固定されていることから、レチクル微動ステージ 11 を回転又はシフトさせることで

補正が行われる。

レチクル微動ステージ 11 を回転させた場合には、反射鏡 21X も同様に回転するので、レチクル R の走り方向に対し反射鏡 21X が傾くこととなるが、レチクル R 上のアライメントマーク 32A ~ 32F は基準マーク板 6 上の基準マーク 30A ~ 30F に平行になっており、走査露光時にはレチクル R の走り方向とウエハ W の走り方向とが平行となるように制御される。

以上のレチクルアライメント時に、基準マーク板 6 を用いたいわゆるベースラインチェックによって、アライメントセンサ 26 の検出中心と、被露光領域 34 内の基準点との間隔（ベースライン量）が求められて記憶装置 27 に記憶される。

次に、不図示のウエハローダによってウエハ W が基板テーブル 4 上にロードされ、基板テーブル 4 によって保持される。そして、ウエハ W 上における各ショット領域のウエハステージの座標系 (XW, YW) 上での配列を求めるためのウエハアライメントが行われる。かかるウエハアライメントでは、図 1 のアライメントセンサ 26 を用いて、例えば特開昭 61-44429 号公報及びこれに対応する米国特許第 4,780,617 号等の開示されているように、ウエハ W 上から選択された所定個数のショット領域（サンプルショット）のウエハマーク（不図示）座標位置を検出し、この計測結果を統計処理する EGA（エンハンスド・グローバル・アライメント）方式でウエハ W 上の全部のショット領域に関する配列座標が算出される。本国際出願で指定した指定国又は選択した選択国の国内法令の許す限りにおいて、上記の公報及び米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。なお、ウエハマーク座標位置は、上述のレーザ干渉計 13FX, 13Y1, 13Y2 による計測結果 (XW (=XF), YW)、レーザ干渉計 13FP による計測結果  $\Delta LFXP$ 、及びレーザ干渉計 13YP による計測結果  $\Delta LWYP$  に基づいて検出される。

そして、ウエハ W 上の各ショット領域の配列座標、アライメントセンサ 26

のベースライン量、及びウエハステージの座標系（ $XW$ ,  $YW$ ）とレチクルステージの座標系（ $XR$ ,  $YR$ ）との関係に基づいて、ウエハ $W$ 上の露光対象のショット領域が走査開始位置に位置決めされると共に、レチクル $R$ も対応する位置に位置決めされる。

次に、露光光 $EL$ を照射しつつ、先のレチクルアライメント時に定められたウエハステージの座標系（ $XW$ ,  $YW$ ）及びレチクルステージの座標系（ $XR$ ,  $YR$ ）に従ってレチクル $R$ とウエハ $W$ とを同期移動させることにより、走査露光動作が行われる。この場合の座標系（ $XW$ ,  $YW$ ）及び座標系（ $XR$ ,  $YR$ ）は、反射鏡 $7X$ ,  $7Y$ ,  $21X$ ,  $21Y1$ ,  $21Y2$ の反射面を基準としてソフトウェア的に補正されたものであり、各反射鏡の位置がレチクル $R$ やウエハ $W$ に対して相対的にずれた場合、ショット領域の形状やショット配列に影響を及ぼすこととなる。本実施形態では、このようなときでも正確な矩形のショット領域、及び直交格子状のショット配列が形成されるように、以下の方法により走査露光及びステッピングを行っている。

すなわち、ウエハライメントによって、露光対象のショット領域とレチクルとが位置合わせされたときのレチクルステージの座標系（ $XR$ ,  $YR$ ）の座標を（ $XR0$ ,  $YR0$ ）、ウエハステージの座標系（ $XW$ ,  $YW$ ）の座標を（ $XW0$ ,  $YW0$ ）とすると、投影光学系 $PL$ の投影倍率は $\beta$ であるため、それ以後のレチクル微小駆動ステージ $11$ （レチクル $R$ ）と基板テーブル $4$ （ウエハ $W$ ）との走査方向、及び非走査方向の同期誤差 $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ は、

$$\Delta X = (XW - XW0) / \beta - (XR - XR0) \quad \dots (23)$$

$$\Delta Y = (YW - YW0) / \beta - (YR - YR0) \quad \dots (24)$$

となる。但し、これらの同期誤差はレチクル $12$ 上に換算した誤差である。また、図 $1$ の投影光学系 $PL$ は反転投影系であるが、図 $2$ に示すように、レチクル干渉計 $14$ とウエハ干渉計 $13$ とは $X$ 軸方向及び $Y$ 軸方向について測長方向が反転しているため、同期誤差は単に移動量の倍率補正值の差分を取るだけで

求められる。

また、本実施形態では、(5)式で表される基板テーブル4のヨーイング角 $\theta_{ZW}$ と、(9)式で表されるレチクル微動ステージ11のヨーイング角 $\theta_{ZR}$ との差分を次式のように回転方向の同期誤差 $\Delta\theta$ とする。

$$\Delta\theta = \theta_{ZW} - \theta_{ZR} = (XW1 - XW2) / L11 - (XR1 - XR2) / L3 \quad \dots (25)$$

そして、走査露光時には、図1のレチクル走査ステージ10及びウエハY軸駆動ステージ2が加速を開始し、これらがそれぞれ所定の走査速度に達した後、上記の同期誤差 $\Delta X$ 、 $\Delta Y$ 、 $\Delta\theta$ がそれぞれ零、又は所定の許容値以下となるようにレチクル微動ステージ11を駆動して同期制御を行う。この状態で所定の整定時間が経過した後、レチクルR上の照明領域36への露光光ELの照射が開始されて露光が行われる。

また、走査露光時には、ウエハW上の被露光領域34のZ位置、X軸回りの回転角、及びY軸回りの回転角は、多点フォーカス検出系(28, 29)によって検出されている。そして、この検出結果に基づいて、主制御系22がウエハ駆動装置22を介して基板テーブル4を駆動し、ウエハW上の被露光領域34が投影光学系PLの像面と焦点深度の範囲内で一致させている。

更に、ウエハアライメント時には、レーザ干渉計13FP, 13YPによって、反射面7XS, 7YSのチルト量が検出されており、また、走査露光時には、レーザ干渉計13XP, 13YPによって、反射面7XS, 7YSのチルト量が検出されている。そして、この検出結果と、反射面7XSの形状情報[dWX(YW, ZW1), dWX(YW, ZW2)]及び反射面7YSの形状情報[dWY(XW, ZW1), dWY(XW, ZW2)]とに基づいて、前述のようにしてアッペ誤差 $\Delta X_A$ 、 $\Delta Y_A$ が求められ、アッペ誤差 $\Delta X_A$ 、 $\Delta Y_A$ 分だけ基板テーブル4(ウエハW)のXY位置が補正される。

走査露光が終了すると、主制御系22は、ウエハ駆動装置24を介して、次

のショット領域への露光を行うためにウエハWのステッピングを行う。かかるステッピング動作において、反射鏡7X、7Yの直交度が変化した場合は、ステッピング方向を(6)式の直交度誤差変動 $\Delta\omega_p$ 分だけ補正する。

ステッピング動作時において、(6)式の直交度誤差変動 $\Delta\omega_p$ 又は(10)式の直交度誤差 $\Delta\omega_p$ が所定の許容値を超えて大きく変化する場合は、その他のオフ・アクシス方式のアライメントセンサ26のベースライン量の精度やその機械的な安定性に問題が発生している可能性がある。そこで、直交度誤差変動 $\Delta\omega_p$ 、 $\Delta\omega_r$ が所定の許容値を超えて大きく変化している場合は、ウエハWの交換時等に再度上記のレチクルアライメントやベースライン量の計測を行うようにする。これによって、レチクルRのパターンとウエハWの各ショット領域との重ね合わせ精度を向上できる。

なお、上記のレチクルアライメント、ウエハラライメント、走査露光、及びステッピングにおいて、基板テーブル4のXY位置がレーザ干渉計13X1、13X2、13Y1、13Y2によって検出されるが、主制御系22では各検出値を、記憶装置27に記憶された上述の反射面7XSの形状情報[dWX(YW, ZW1)]及び反射面7YSの形状情報[dWY(XW, ZW1)]によって補正する。そして、補正結果を基板テーブル4のXY位置として取り扱うことにより、位置制御精度を更に向上している。

以上のように、本実施形態の露光装置100では、予め計測され、記憶装置27に記憶された反射面7XS、7YSの形状情報を使用して、レーザ干渉計13X1、13X2、13Y1、13Y2によって検出された基板ステージ4(ウエハW)XY位置を補正するとともに、レーザ干渉計13XP、13YPによって検出された反射面7XS、7YSのチルト量から基板テーブル4のX軸回りの回転やY軸回りの回転によるウエハWの被露光領域のXY位置のアッベ誤差を補正する。したがって、反射面7XS、7YSにうねりやねじれがあるときにも、非常に精度良く基板テーブル4及びウエハWの位置制御を行うこ

とができるので、精度の良い露光を行うことができる。

また、本実施形態の露光装置 100 では、主制御系 22 の制御の下で、レーザ干渉計 13 X 1, 13 X 2, 13 Y 1, 13 Y 2、ウエハ駆動装置 24、アライメントセンサ 26、光路変更板 40 等によって反射面 7 X S, 7 Y S の形状を計測することができる。したがって、反射面 7 X S, 7 Y S の形状計測に他の装置を必要とせず、かつ、必要なタイミングで反射面 7 X S, 7 Y S の形状を計測し、記憶装置 27 に記憶される反射面 7 X S, 7 Y S の形状情報を更新することができる。

また、本実施形態の露光装置 100 では、反射面 7 X S, 7 Y S の形状計測における 1 次元形状計測において、形状計測対象となる一方の反射面とは異なる他方の反射面の直交方向に基板テーブル 4 を移動させつつ、他方の反射面の Z 軸回りの回転量を検出することにより基板テーブル 4 のヨーイング量を測定するのとほぼ同時に一方の反射面の Z 軸回りの局所的な回転量を測定している。したがって、測定された一方の反射面の Z 軸回りの局所的な回転量からその測定時における基板テーブル 4 のヨーイング量を差し引くことにより、一方の反射面の形状にのみ基づく Z 軸回りの局所的な回転量を求めることができるので、反射面の 1 次元形状を精度良く求めることができる。このため、反射面の形状計測を精度良く行うことができる。

なお、本実施形態の露光装置 100 は、上記実施形態で説明した、多数の機械部品及び光学部品等を有する照明系、複数のレンズ等を有する投影光学系 P L、並びに多数の機械部品等を有するレチクルステージ R S T 及びウエハステージ装置、並びにレーザ干渉計 13 X 1, 13 X 2, 13 X P, 13 Y 1, 13 Y 2, 13 Y P, 13 F X, 13 F P, 14 X 1, 14 X 2, 14 M 1, 14 M 2 をそれぞれ組み立てて機械的及び光学的に連結し、さらに、主制御系 22、及び記憶装置 27 等と機械的及び電氣的に組み合わせた後に、総合調整（電気調整、動作確認等）をすることにより製造することができる。



なお、露光装置 100 の製造は温度及びクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

次に、本実施形態の露光装置及び方法を使用したデバイスの製造について説明する。

図 17 は、本実施形態におけるデバイス（IC や LSI 等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の生産のフローチャートが示されている。図 6 に示されるように、まず、ステップ 201（設計ステップ）において、デバイスの機能設計（例えば、半導体デバイスの回路設計等）を行い、その機能を実現するためのパターン設計を行う。引き続き、ステップ 202（マスク製作ステップ）において、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ 203（ウエハ製造ステップ）において、シリコン等の材料を用いてウエハを製造する。

次に、ステップ 204（ウエハプロセスステップ）において、ステップ 201～ステップ 203 で用意したマスクとウエハを使用して、後述するように、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路等を形成する。次いで、ステップ 205（組立ステップ）において、ステップ 204 において処理されたウエハを用いてチップ化する。このステップ 205 には、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）パッケージング工程（チップ封入）等の工程が含まれる。

最後に、ステップ 206（検査ステップ）において、ステップ 205 で作製されたデバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経た後にデバイスが完成し、これが出荷される。

図 18 には、半導体デバイスの場合における、上記ステップ 204 の詳細なフロー例が示されている。図 17 において、ステップ 211（酸化ステップ）においてはウエハの表面を酸化させる。ステップ 212（CVD ステップ）においてはウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ 213（電極形成ステップ

）においてはウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ214（イオン打込みステップ）においてはウエハにイオンを打ち込む。以上のステップ211～ステップ214それぞれは、ウエハプロセスの各段階の前工程を構成しており、各段階において必要な処理に応じて選択されて実行される。

ウエハプロセスの各段階において、前工程が終了すると、以下のようにして後工程が実行される。この後工程では、まず、ステップ215（レジスト処理ステップ）において、ウエハに感光剤を塗布し、引き続き、ステップ216（露光ステップ）において、上記で説明した走査型露光装置及び走査露光方法によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。次に、ステップ217（現像ステップ）においては露光されたウエハを現像し、引き続き、ステップ218（エッチングステップ）において、レジストが残存している部分以外の部分の露出部材をエッチングにより取り去る。そして、ステップ219（レジスト除去ステップ）において、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。

これらの前工程と後工程とを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

以上のようにして、精度良く微細なパターンが形成されたデバイスが、高い量産性で製造される。

なお、上記の実施形態においては、反射面7XS、7YSの形状計測において、形状計測対象の反射面にその反射面が延びる方向に配列された2光束を照射して形状計測を行ったが、形状計測対象の反射面にその反射面が延びる方向に配列された3光束を照射することにより、特開平9-210648号公報に開示の面形状の計測方法を使用して反射面の1次元形状計測を行うことも可能である。

かかる形状計測を反射面7XSの場合を例として説明すると、上記の実施形態において1次元形状計測に使用した2本のレーザビームLWX1、LWX2

に加えて、反射面のチルト量の測定用のレーザ干渉計 13 X P から射出された 2 本のレーザビームの内、レーザビーム L W X 1, L W X 2 と同一 Z 位置 Z W 1 のレーザビーム L W X P 1 を形状計測用に反射面に照射する。なお、レーザビーム L W X P 2 については、図 19 及び図 20 に示されるように、光路上の所定位置に反射鏡 41 を配置する。また、反射面に照射される 3 本のレーザビーム L W X P 1, L W X 1, L W X 2 の配列間隔（図 2 の L 11, L 12）が互いに異なるように設定される。

そして、Z 位置 Z W 1 における 1 次元形状計測にあたっては、前述したレーザビーム L W X 1, L W X 2 と同様に、図 19 に示されるようにレーザビーム L W X P 1 の光路上から光路変更板 40 を退避した状態で、上記の配列間隔の差ずつ基板テーブル 4 を Y 軸方向に移動する毎に、レーザ干渉計 13 X 1, 13 X 2, 13 X P からの出力値を収集して、反射面 7 X S の Z 軸回りの局所的な回転量を計測するとともに、上記の実施形態と同様にして基板テーブル 4 の Z 軸回りの回転量を計測する。また、Z 位置 Z W 2 における 1 次元形状計測にあたっては、前述したレーザビーム L W X 1, L W X 2 と同様に、図 20 に示されるように、レーザビーム L W X P 1 の光路上に光路変更板 40 を配置した状態で、Z 位置 Z W 1 のときと同様の計測を行う。

以上の 3 光束による形状計測によれば、精度良く反射面の形状計測ができる。

。

更に、4 以上の光束によって 1 次元形状計測を行ってもよい。

また、上記の実施形態では、反射面の異なる Z 位置における 1 次元形状計測にあたって光路変更板 40 を使用したが、計測 Z 位置毎それぞれに応じてレーザ干渉計 13 X 1, 13 X 2 又はレーザ干渉計 13 Y 1, 13 Y 2 と同様の構成のレーザ干渉計を配置することも可能である。これによれば、装置のコストアップとはなるが、反射面の形状計測を迅速かつ容易に行うことができるので、定期的に反射面のうねりやねじれの変化を検出する場合に特に有効である。

また、例えば光路変更板 40 の代わりに回転可能な平行平面板を光路中に配置し、その平行平面板を回転させることで、レーザビームの Z 方向の位置を連続的にシフトさせるようにしてもよい。かかる場合には、所望の Z 位置に関する 1 次元形状計測を簡単な構成で行うことができる。

また、2 次元位置検出用のレーザ干渉計と光路変更板とを用いて、2 次元位置検出用のレーザビームを反射面の Z 位置 ZW1, ZW2 に照射する 2 条件にてウエハを 2 回露光を行い、ウエハ上におけるパターン転写位置の位置ズレ誤差を検出したり、基準ウエハのマークを離散的に検出することにより、反射面の形状の Z 位置による差を検出することができる。その上で、上述の 1 次元形状計測を 1 つの Z 位置について行うことで、1 つの 1 次元形状情報と差情報とが得られるので、これらを記憶装置に記憶してもよい。なお、この 1 つの 1 次元形状情報と差情報とを記憶する方法を、上記の実施形態に適用できることは勿論である。

また、上記の実施形態においては、反射面の形状計測のために、反射面の 2 つの Z 位置における 1 次元形状を計測したが、3 つ以上の Z 位置における 1 次元形状を計測してもよい。1 次元形状計測を行う Z 位置が多いほど、反射面の形状が精度良く計測される。

また、上記の実施形態においては、基板テーブルの側面に反射鏡を取り付けたが、基板テーブルの側面を鏡面加工して反射面を形成してもよい。

また、上記の実施形態においては、チルト干渉計からのレーザ光束を反射面上の Z 軸に沿って並んだ 2 点に照射しているが、Z 位置が異なる 2 点であれば、その 2 点の X 位置又は Y 位置が異なってもよい。

また、上記の実施形態においては、基板テーブルのウエハ搭載面の形状を矩形状としたが、他の形状とすることができる。例えば、三角形状とした場合には、図 21 に示されるように、基板テーブル 4' の 3 側面に形成された反射面 4' a, 4' b, 4' c それぞれに対向して、2 次元位置検出用のレーザ干渉

計 1 3 X 1 1, 1 3 X 1 2, 1 3 X 2 1, 1 3 X 2 2, 1 3 Y 1, 1 3 Y 2 とチルト検出用のレーザ干渉計 1 3 P 1, 1 3 P 2, 1 3 Y P を配置すればよい。なお、レーザ干渉計 1 3 X 1 1, 1 3 X 1 2 及びレーザ干渉計 1 3 X 2 1, 1 3 X 2 2 については、上記の実施形態のレーザ干渉計 1 3 X 1, 1 3 X 2 と同様に構成すればよく、また、レーザ干渉計 1 3 X P 1, 1 3 X P 2 については、上記の実施形態のレーザ干渉計 1 3 X P と同様に構成すればよい。かかる場合における、例えば反射面 4' a の形状計測では、例えば基板テーブル 4' を Y 軸方向（第 3 軸）方向へ移動しつつ、レーザ干渉計 1 3 Y 1, 1 3 Y 2 によって基板テーブル 4' の Z 軸回りの回転量を測定するとほぼ同時に、レーザ干渉計 1 3 X 1 1, 1 3 X 1 2 によって反射面 4' a の Z 軸回りの局所的な回転量を測定する。これにより、上記の実施形態と同様にして、反射面 4' a の形状が計測される。なお、図 2 1 に示される三角形の基板ステージ 4' の場合には、3 側面全てに対向してレーザ干渉計を配置せず、互いに交差する 2 面についてレーザ干渉計を配置することも可能である。

また、上記の実施形態においては、基板テーブル 4 に設けられた反射面 7 X S, 7 Y S の形状を計測し、その形状情報を使用して基板テーブル 4 の位置制御を行ったが、レチクル微動ステージ 1 1 に設けられた反射面 2 1 X S の形状を計測し、その形状情報を使用してレチクル微動ステージ 1 1 の位置制御を行うことも可能である。かかる場合には、図 2 2 に示されるように、上記の実施形態である図 1 1 に示されたレーザ干渉計 1 4 X 1, 1 4 X 2, 1 4 M 1, 1 4 M 2 に加えて、図 2 2 に示されるように、新たにチルト検出用のレーザ干渉計 1 4 X P を新たに配置する。そして、基板テーブル 4 の場合と同様にして、反射面 2 1 X S の形状を計測し、その形状情報を使用してレチクル微動ステージ 1 1 の位置制御を行えばよい。

また、上記の実施形態においては、チルト検出用のレーザ干渉計の検出結果は、専らアップ誤差の補正のために使用されたが、ステージの X 軸回りの回転

やY軸回りの回転の補正に使用することも可能である。

また、レチクルステージ及びウエハステージの構成は、上記の実施形態に限られるものではなく、いかなる構成でもよい。すなわち、レチクルステージは粗微動構造でなくともよいし、また、ウエハステージは上記実施形態のようにステージを積み上げた構成や平面モータ等でなくともよい。

また、上記の実施形態では、レーザ干渉計をゼーマン効果を利用したものとしたが、他の構成の干渉計であってもよい。また、ダブルバス方式ではなく、シングルバス方式であってもよい。

また、前述のZ位置ZW1における2次元位置検出値とZ位置ZW2における2次元位置検出値と間のオフセットが無視することができるほど小さければ、反射面の形状計測のためには上記の実施形態におけるアライメントセンサを使用しなくともよい。すなわち、本発明の形状計測装置においては、アライメントセンサのような2次元位置検出装置は必須という訳ではない。

また、上記の実施形態では、ステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置について説明したが、ステージ（ひいてはステージに搭載された試料）の位置制御にあたって、ステージに設けられた反射面の形状を計測し、その形状情報を用いて位置制御を行う本発明の位置制御方法は、紫外線を光源にする縮小投影露光装置、波長10nm前後の軟X線を光源にする縮小投影露光装置、波長1nm前後を光源にするX線露光装置、EB（電子ビーム）やイオンビームによる露光装置などあらゆるウエハ露光装置、液晶露光装置等に適用できる。また、ステップ・アンド・リピート機、ステップ・アンド・スキャン機、ステップ・アンド・スティッチング機を問わず、適用が可能である。

また、ステージの位置制御にあたって、ステージに設けられた反射面の形状を計測し、その形状情報を用いて位置制御を行う本発明の位置制御方法は、露光装置のステージ装置に限定されず、一般のステージ装置にも適用することができる。例えば、上記の実施形態における前記形状計測装置と前記ウエハステ

ージ装置とに対応する構成要素によってステージ装置を構成することにより、基板テーブルに相当する試料テーブルの位置制御を、上記の実施形態における基板テーブルの位置制御と同様に行うことができる。

#### 産業上の利用可能性

以上説明したように、本発明の形状測定方法及び形状測定装置は、ステージ等の移動体や移動体に搭載される試料の位置制御を高精度に行うために、ステージ等の移動体に設けられた反射面の形状を高精度に計測するのに適している。

また、本発明の位置制御方法は、アッペ誤差の補正を含めた高精度な移動体の位置制御に適している。

また、本発明のステージ装置は、搭載した試料の高精度な位置制御に適している。

また、本発明の露光装置は、マスクや基板を高精度に位置制御して、露光精度を向上したパターン転写を行うのに適している。

## 請 求 の 範 囲

1. 第1軸と直交する基準平面に沿って移動する移動体に設けられ、前記第1軸方向と直交する第2軸方向に沿って延びる反射面の形状を計測する形状計測方法において、

前記第1軸方向と直交し、かつ前記第2軸方向と直交しない第3軸方向に沿って前記移動体を移動させつつ、前記第2軸方向に関する前記反射面の1次元形状を、前記第1軸方向に関する少なくとも2つの位置のそれぞれについて計測することを特徴とする形状計測方法。

2. 請求項1の形状計測方法において、

前記1次元形状の計測に際し、前記移動体を前記第3軸方向へ移動させつつ、前記基準平面に平行な面に沿って、第1の組の測定光束を構成する複数の光束を前記反射面の前記第2軸方向の関して互いに異なる位置に照射し、その反射光に基づいて前記反射面の前記第1軸回りの局所的な回転量を前記移動体の移動位置に応じて測定するとほぼ同時に、前記基準平面に平行な面に沿って、前記第1軸方向とは異なる方向に隔てられた第3軸方向の複数の光束から成る第2の組の測定光束を前記第3軸方向から前記移動体に設けられた反射ユニットへ照射し、その反射光に基づいて前記移動体の前記第1軸回りの回転量を測定することを特徴とする形状計測方法。

3. 請求項2に記載の形状計測方法において、

前記第2の組の測定光束は、前記第1軸方向及び前記第3軸方向に直交する方向に沿って隔てられた2光束であることを特徴とする形状測定方法。

4. 請求項2に記載の形状計測方法において、



前記第 1 の組の測定光束は、前記反射面にほぼ垂直な 2 光束であることを特徴とする形状計測方法。

5. 請求項 3 に記載の形状計測方法において、

前記第 1 の組の測定光束は、配列間隔が互いに異なる、前記反射面に垂直な 3 光束であり、

前記配列間隔の差に応じた距離だけ前記移動体を第 3 軸方向に移動させる毎に、前記移動体の前記第 1 軸回りの回転量と、前記反射面の前記第 1 軸回りの局所的な回転量とを測定することを特徴とする形状計測方法。

6. 請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の形状計測方法において、

前記第 1 軸方向に関する前記少なくとも 2 つの位置のそれぞれにおける前記反射面の 1 次元形状の計測毎に、前記移動体上に設けられた所定マークの前記基準平面と平行な平面内における 2 次元位置を測定し、該測定結果に基づいて前記計測された 1 次元形状データを補正することを特徴とする形状計測方法。

7. 第 1 軸と直交する基準平面に沿って移動する移動体に設けられ、前記第 1 軸方向と直交する第 2 軸方向に沿って延びる反射面の形状を計測する形状計測装置であって、

前記第 1 軸方向と直交し、かつ前記第 2 軸方向と直交しない第 3 軸方向に沿って前記移動体を移動させる第 1 駆動装置と；

前記第 2 軸方向に関する前記反射面の 1 次元形状を、前記第 1 軸方向に関する少なくとも 2 つの位置のそれぞれについて計測する計測装置を備えることを特徴とする形状計測装置。

8. 請求項 7 に記載の形状計測装置において、

前記計測装置は、

前記基準平面に平行な面に沿って、第1の組の測定光束を構成する複数の光束を前記第2軸方向の関して互いに異なる前記反射面の位置に照射し、その反射光に基づいて前記反射面の前記第1軸回りの局所的な回転量を前記移動体の移動位置に応じて測定する第1測定装置を備えることを特徴とする形状計測装置。

9. 請求項8に記載の形状計測装置において、

前記第1測定装置は、前記第1軸及び前記第2軸の直交軸を測長軸とする第1レーザ干渉計システムであることを特徴とする形状計測装置。

10. 請求項8に記載の形状計測装置において、

前記第1の組の測定光束は、前記反射面にほぼ垂直な2光束であることを特徴とする形状計測装置。

11. 請求項8に記載の形状計測装置において、

前記第1の組の測定光束は、配列間隔が互いに異なる、前記反射面に垂直な3光束であることを特徴とする形状計測装置。

12. 請求項8に記載の形状計測装置において、

前記計測装置は、前記移動体と前記第1測定装置とを前記第1軸方向に相対移動させる第2駆動装置を更に備えることを特徴とする形状計測装置。

13. 請求項8に記載の形状計測装置において、

前記計測装置は、前記反射面における前記第1の組の測定光束の照射点を前記第1軸方向に変化させる光路変更装置を更に備えることを特徴とする形状計

測装置。

14. 請求項8に記載の形状計測装置において、

前記計測装置は、前記基準平面に平行な面に沿って、第2の組の測定光束を構成する複数の光束を、前記第2軸方向に関して互いに異なり、かつ、前記第1の組の測定光束の照射点とは前記第1軸方向に関して異なる前記反射面の位置に照射し、その反射光に基づいて前記反射面の前記第1軸回りの局所的な回転量を前記移動体の移動位置に応じて測定する第2測定装置とを備える形状計測装置。

15. 請求項14に記載の形状計測装置において、

前記第2測定装置は、前記第1軸及び前記第2軸の直交軸を測長軸とする第2レーザ干渉計システムであることを特徴とする形状計測装置。

16. 請求項8に記載の形状計測装置において、

前記計測装置は、

前記基準平面に平行な面に沿って、前記第1軸方向とは異なる方向に隔てられた第3軸方向の複数の光束から成る第3の組の測定光束を前記第3軸方向から前記移動体に設けられた反射ユニットへ照射し、その反射光に基づいて前記移動体の前記第1軸回りの回転量を測定する第3測定装置を更に備えることを特徴とする形状計測装置。

17. 請求項16に記載の形状計測装置において、

前記第2測定装置は前記第3軸を測長軸とする第1レーザ干渉計システムであることを特徴とする形状計測装置。

18. 請求項16に記載の形状計測装置において、

前記第3の組の測定光束は、前記第1軸方向及び前記第3軸方向に直交する方向に沿って隔てられた2光束であることを特徴とする形状測定装置。

19. 請求項17に記載の形状計測装置において、

前記反射ユニットは、反射鏡及び複数のコーナーキューブのいずれか一方であることを特徴とする形状計測装置。

20. 基準平面に沿って移動する、反射面が設けられた移動体の位置制御方法において、

請求項1～6のいずれか一項に記載の形状計測方法によって計測された前記反射面の形状情報と、前記反射面を使用して計測された前記移動体の2次元位置情報と、前記反射面のチルト情報とに基づいて、前記移動体の位置及び姿勢の少なくとも一方を制御することを特徴とする位置制御方法。

21. 第1軸と直交する基準平面に沿って試料を移動させるステージ装置であって、

前記第1軸方向と直交する第2軸方向に沿って延びる少なくとも1つの反射面を含む反射ユニットが設けられ、前記試料を搭載する試料テーブルと；

前記試料テーブルを前記基準平面に沿って駆動する駆動装置と；

前記反射ユニットに2次元位置検出用光束をそれぞれ照射し、それぞれの反射光に基づいて前記試料テーブルの2次元位置を検出する2次元位置検出系と；

前記基準平面と平行な同一面内にない少なくとも2本のチルト検出用光束を前記反射面に照射し、それぞれの反射光に基づいて前記反射面の前記基準平面に対するチルト量を検出するチルト検出系と；

前記反射面の形状を計測する請求項 7 ～ 19 に記載の形状計測装置と；

前記形状計測装置によって計測された前記反射面の形状情報を記憶する記憶装置と；

前記 2 次元位置検出系によって検出された 2 次元位置情報、前記チルト検出系によって検出されたチルト情報、及び前記形状情報に基づいて前記第 1 駆動装置を制御し、前記試料テーブルの位置及び姿勢の少なくとも一方を制御する制御系とを備えるステージ装置。

22. 請求項 21 に記載のステージ装置において、

前記駆動装置が前記形状計測装置における第 1 駆動装置として使用されることを特徴とするステージ装置。

23. 請求項 21 に記載のステージ装置において、

前記 2 次元位置検出用光束は、前記基準平面に平行な面に沿って前記反射面に垂直に入射する 2 光束であり、該 2 光束が前記形状計測装置における前記反射面の第 1 軸回りの局所的な回転量の測定に使用されることを特徴とするステージ装置。

24. 請求項 21 に記載のステージ装置において、

前記 2 次元位置検出用光束は、前記基準平面に平行な面に沿って前記反射面に垂直に入射する 2 光束であるとともに、該 2 光束と前記チルト検出用光束の内の 1 光束とは、前記基準平面に平行な面に沿って前記反射面に垂直に入射する、互いに配列間隔がことなる 3 光束であり、該 3 光束が前記形状計測装置における前記反射面の第 1 軸回りの局所的な回転量の測定に使用されることを特徴とするステージ装置。

25. マスクステージに搭載されたマスクに形成されたパターンを基板ステージに搭載された基板に転写する露光装置であって、

前記マスクステージ及び前記基板ステージの少なくとも一方を移動体とする請求項7～19のいずれか一項に記載の形状計測装置と；

前記移動体に設けられた前記反射面を含む反射ユニットに2次元位置検出用光束をそれぞれ照射し、その反射光に基づいて前記移動体の2次元位置を検出する2次元位置検出系と；

前記基準平面と平行な同一平面にない少なくとも2本のチルト検出用光束を前記反射面に照射し、その反射光に基づいて前記反射面の前記基準平面に対するチルト量を検出するチルト検出系と；

前記形状計測装置によって予め計測された前記反射面の形状情報と、前記2次元位置検出系によって検出された2次元位置情報と、前記チルト検出系によって検出されたチルト情報とに基づいて、前記移動体の位置及び姿勢の少なくとも一方を制御する制御系とを備える露光装置。

26. マスクに形成されたパターンを基板に転写する露光装置であって、

前記基板を保持し、互いに交差する方向に延びる少なくとも2つの反射面が設けられた基板テーブルと；

前記基板テーブルを駆動する駆動系と；

前記少なくとも2つの反射面それぞれに測長用光束を照射し、それぞれの反射光に基づいて前記基板テーブルの2次元位置を検出する2次元位置検出系と；

前記少なくとも2つの反射面の少なくとも1つに前記基準平面と平行な同一平面にない少なくとも2本のチルト検出用光束を照射し、それぞれの反射光に基づいて前記チルト検出用光束が照射された反射面の前記基準平面に対するチルト量を検出するチルト検出系と；

前記チルト検出系に対向する反射面の形状を計測する請求項 7 ～ 19 に記載の形状計測装置と；

前記形状計測装置によって計測された、前記チルト検出系に対向する反射面の形状情報を記憶する記憶装置と；

前記形状計測装置を制御するとともに、前記 2 次元位置検出系によって検出された 2 次元位置情報、前記チルト検出系によって検出されたチルト情報、及び前記形状情報に基づいて、前記基板テーブルの位置及び姿勢の少なくとも一方を制御する制御系とを備える露光装置。

27. 請求項 26 に記載の露光装置において、

前記駆動系が前記形状計測装置における第 1 駆動装置として使用されることを特徴とするステージ装置。

28. 請求項 26 に記載のステージ装置において、

前記チルト検出系に対向する反射面に照射される前記測長用光束は、前記基準平面に沿って前記チルト検出系に対向する反射面に垂直に入射する 2 光束であり、該 2 光束が前記形状計測装置における前記反射面の第 1 軸回りの局所的な回転量の測定に使用されることを特徴とするステージ装置。

29. 請求項 25 に記載のステージ装置において、

前記チルト検出系に対向する反射面に照射される前記測長用光束は、前記基準平面に沿って前記チルト検出系に対向する反射面に垂直に入射する 2 光束であるとともに、該 2 光束と前記チルト検出用光束の内の 1 光束とは、前記基準平面に平行な面に沿って前記チルト検出系に対向する反射面に垂直に入射する、互いに配列間隔がことなる 3 光束であり、該 3 光束が前記形状計測装置における前記反射面の第 1 軸回りの局所的な回転量の測定に使用されることを特徴

とするステージ装置。

30. 請求項26に記載の露光装置において、

前記基板テーブル上及び前記基板上の少なくとも一方に形成されたマークの位置を検出するマーク検出系を更に備え、

前記制御系は、前記マーク検出系による前記マークの位置検出結果に基づいて、前記反射面の1次元形状の計測結果を補正することを特徴とする露光装置。

31. 請求項26に記載の露光装置において、

前記少なくとも2つの反射面は、互いに直交する2面であることを特徴とする露光装置。

32. 請求項26に記載の露光装置において、

前記基板テーブルの基板の搭載面は三角形状であり、前記少なくとも2つの反射面は、前記試料テーブルの少なくとも2つの側面それぞれに設けられた反射面であることを特徴とする記載の露光装置。

33. 請求項26に記載の露光装置において、

前記基板の表面に関する前記基準平面の直交方向位置及び前記基準平面に対する傾斜を検出するレベリング検出系を更に備え、

前記制御系は、前記レベリング検出系によって検出されたレベリング情報に基づいて前記基板テーブルの姿勢及び前記基準平面の直交方向位置を制御するとともに、前記2次元位置検出系によって検出された2次元位置情報、前記チルト検出系によって検出されたチルト情報、及び前記形状情報に基づいて前記基板テーブルの前記基準平面内位置を制御することを特徴とする露光装置。



34. マスクステージに搭載されたマスクに形成されたパターンを基板ステージに搭載された基板に転写する露光装置の製造方法であって、

前記マスクステージ及び前記基板ステージの少なくとも一方を移動体とする請求項7～19のいずれか一項に記載の形状計測装置を提供する第1工程と；

前記移動体に設けられた前記反射面を含む反射器に2次元位置検出用光束をそれぞれ照射し、その反射光に基づいて前記移動体の2次元位置を検出する2次元位置検出系を提供する第2工程と；

前記基準平面と平行な同一平面にない少なくとも2本のチルト検出用光束を前記反射面に照射し、その反射光に基づいて前記反射面の前記基準平面に対するチルト量を検出するチルト検出系を提供する第3工程と；

前記形状計測装置によって予め計測された前記反射面の形状情報と、前記2次元位置検出系によって検出された2次元位置情報と、前記チルト検出系によって検出されたチルト情報とに基づいて、前記移動体の位置及び姿勢の少なくとも一方を制御する制御系を提供する第4工程とを含む露光装置の製造方法。

35. マスクに形成されたパターンを基板に転写する露光装置の製造方法であって、

前記基板を保持するとともに、互いに交差する方向に延びる少なくとも2つの反射面が設けられた基板テーブルを提供する第1工程と；

前記基板テーブルを駆動する駆動系を提供する第2工程と；

前記少なくとも2つの反射面それぞれに測長用光束を照射し、それぞれの反射光に基づいて前記基板テーブルの2次元位置を検出する2次元位置検出系を提供する第3工程と；

前記少なくとも2つの反射面の少なくとも1つに前記基準平面と平行な同一平面にない少なくとも2本のチルト検出用光束を照射し、それぞれの反射光に

基づいて前記チルト検出用光束が照射された反射面の前記基準平面に対するチルト量を検出するチルト検出系を提供する第4工程と；

前記チルト検出系に対向する反射面の形状を計測する請求項7～19に記載の形状計測装置を提供する第5工程と；

前記形状計測装置によって計測された、前記チルト検出系に対向する反射面の形状情報を記憶する記憶装置を提供する第6工程と；

前記形状計測装置を制御するとともに、前記2次元位置検出系によって検出された2次元位置情報、前記チルト検出系によって検出されたチルト情報、及び前記形状情報に基づいて、前記基板テーブルの位置及び姿勢の少なくとも一方を制御する制御系を提供する第7工程とを含む露光装置の製造方法。

36. 請求項35に記載の露光装置の製造方法において、

前記基板テーブル上及び前記基板上の少なくとも一方に形成されたマークの位置を検出するマーク検出系を提供する第8工程を更に含むことを特徴とする露光装置の製造方法。

37. 請求項35に記載の露光装置の製造方法において、

前記基板の表面に関する前記基準平面の直交方向位置及び前記基準平面に対する傾斜を検出するレベルリング検出系を提供する第9工程を更に含むことを特徴とする露光装置の製造方法。

38. 請求項25に記載の露光装置方法を用いて製造されたデバイス。

39. 請求項26に記載の露光装置方法を用いて製造されたデバイス。

40. リソグラフィ工程を含むデバイスの製造方法において、

前記リソグラフィ工程では、請求項 2 5 に記載の露光装置を使用することを特徴とするデバイスの製造方法。

4 1 . リソグラフィ工程を含むデバイスの製造方法において、

前記リソグラフィ工程では、請求項 2 6 に記載の露光装置を使用することを特徴とするデバイスの製造方法。

Fig. 1

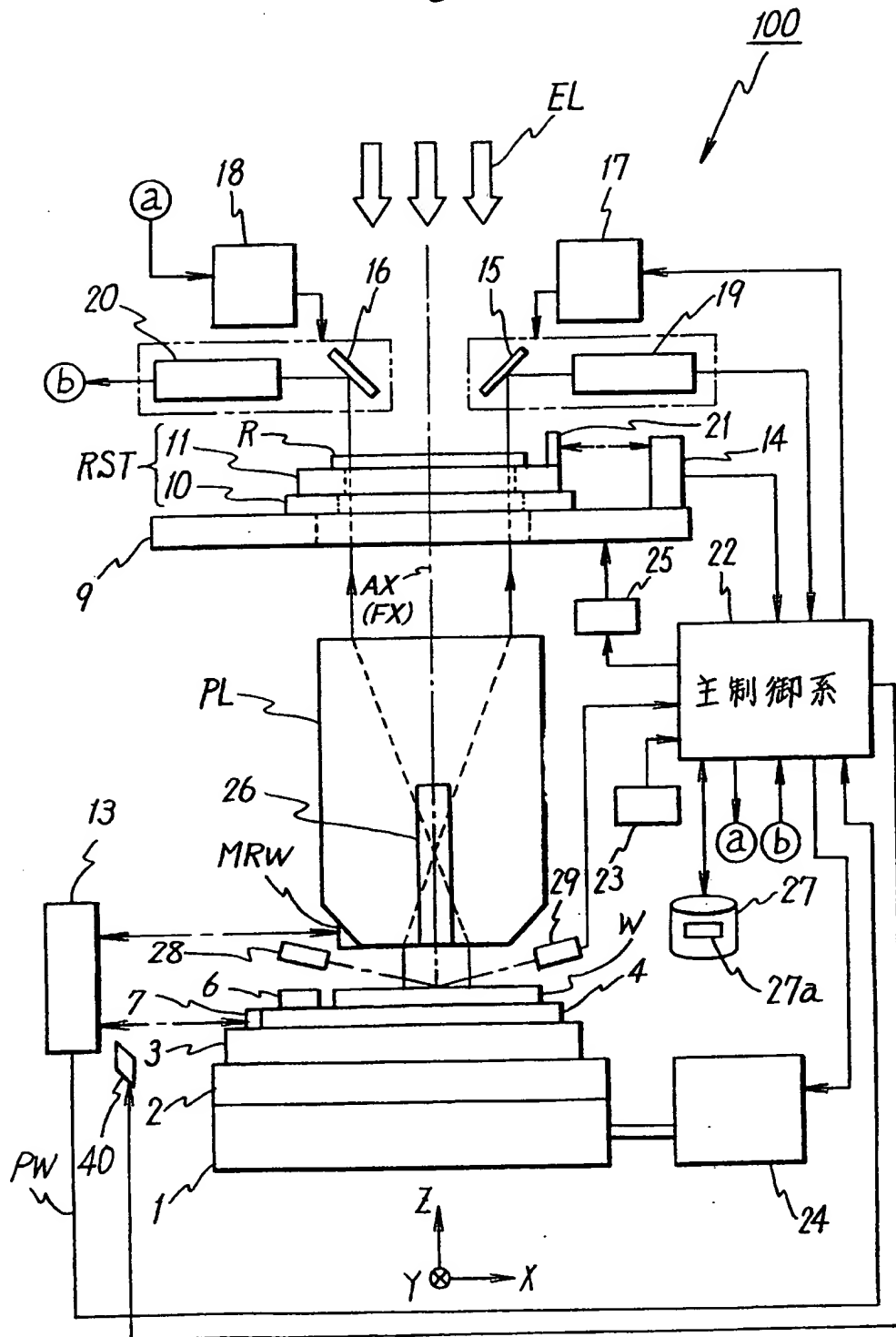


Fig. 2

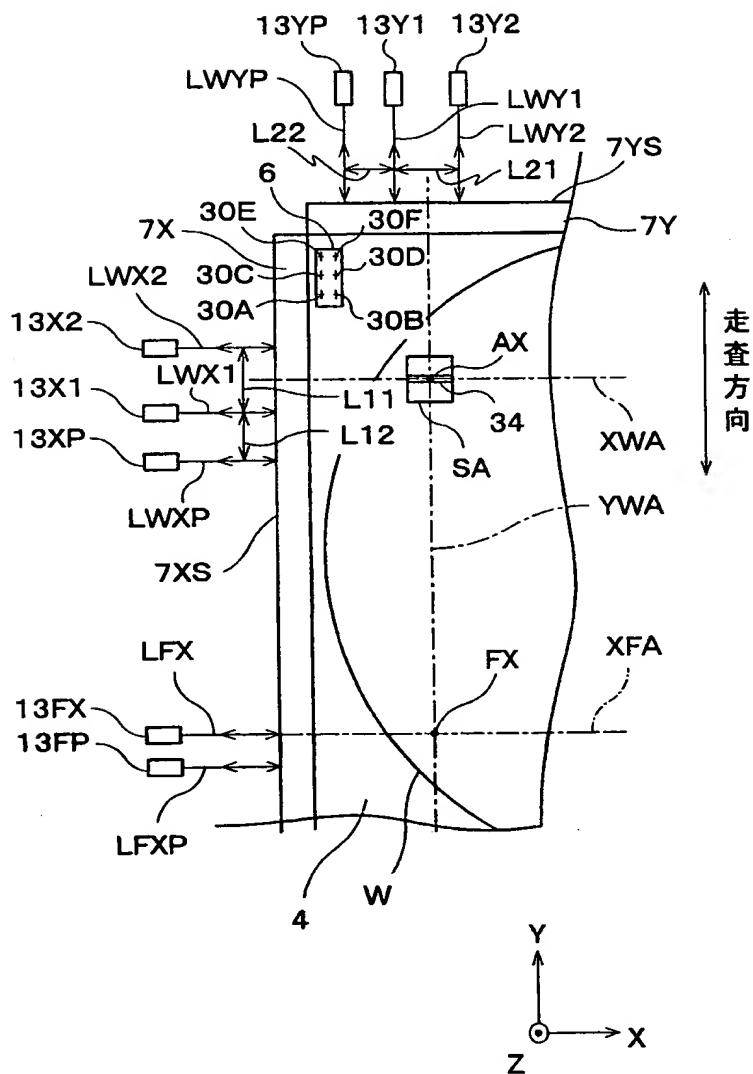


Fig. 3

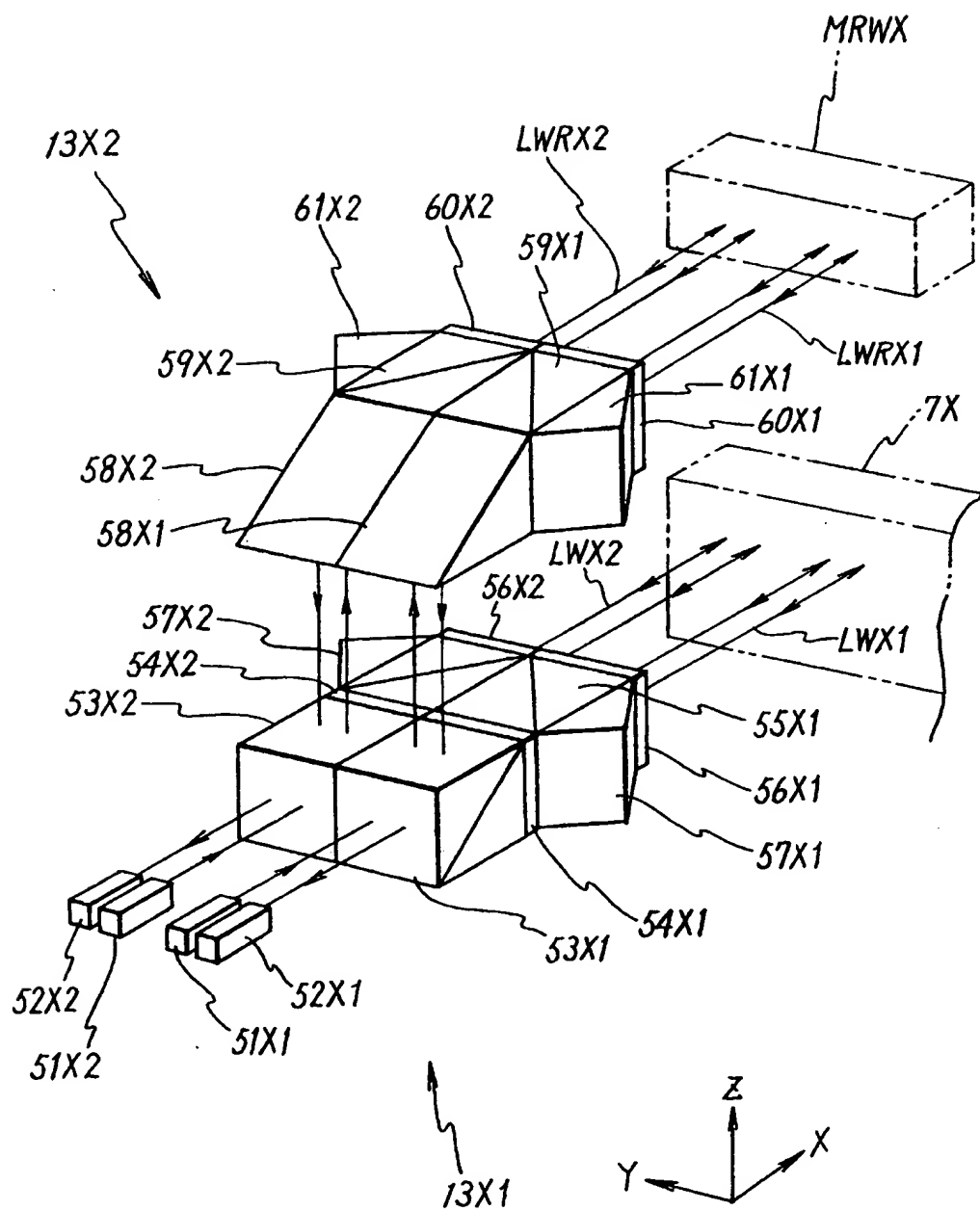


Fig. 4

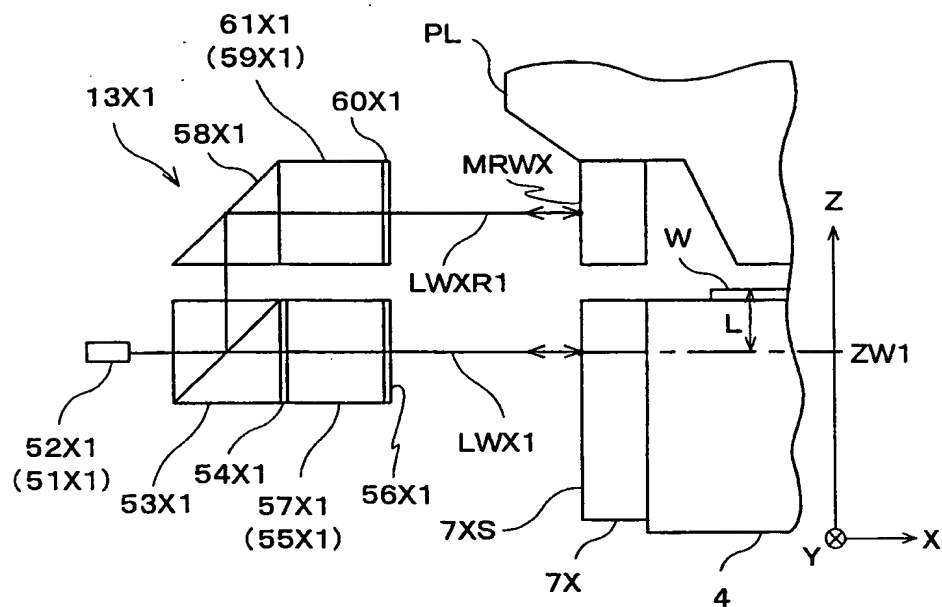


Fig. 5

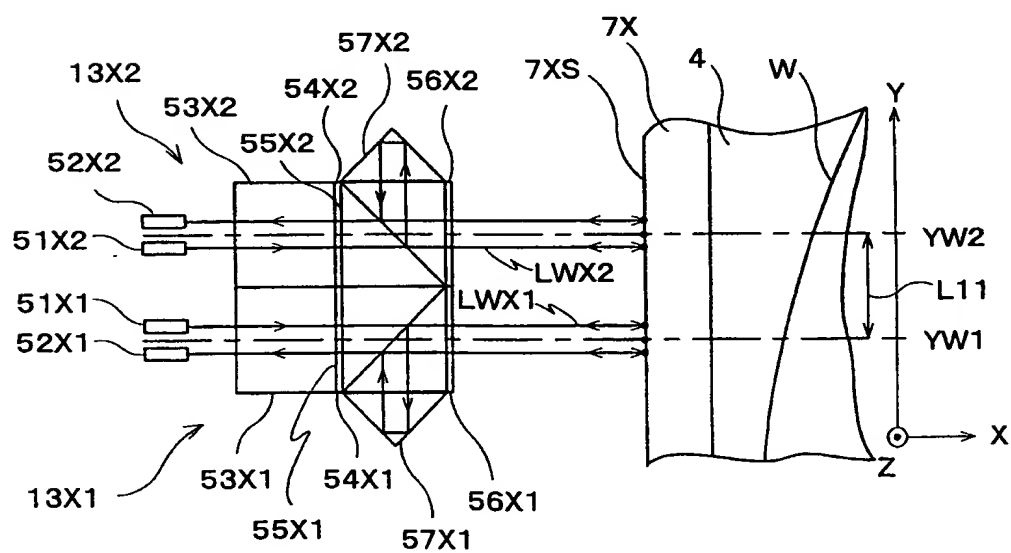


Fig. 6

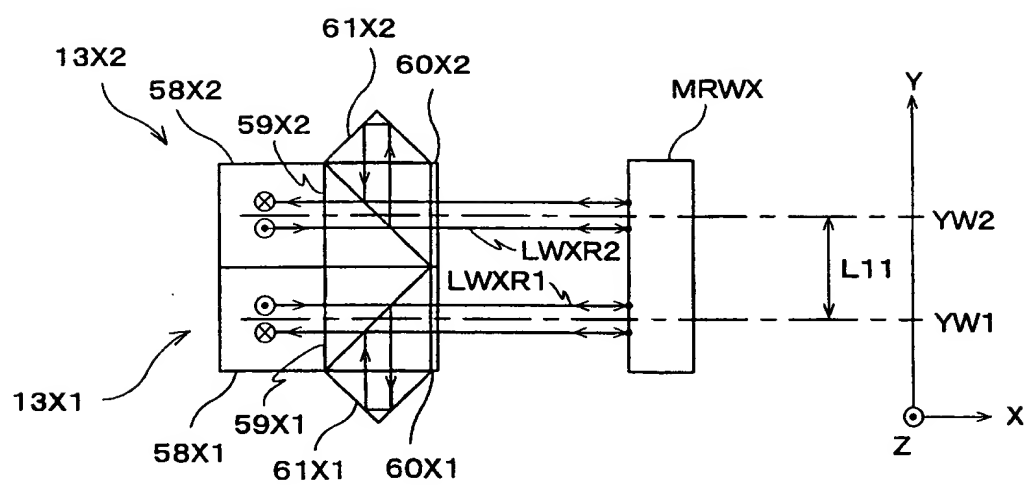




Fig. 7

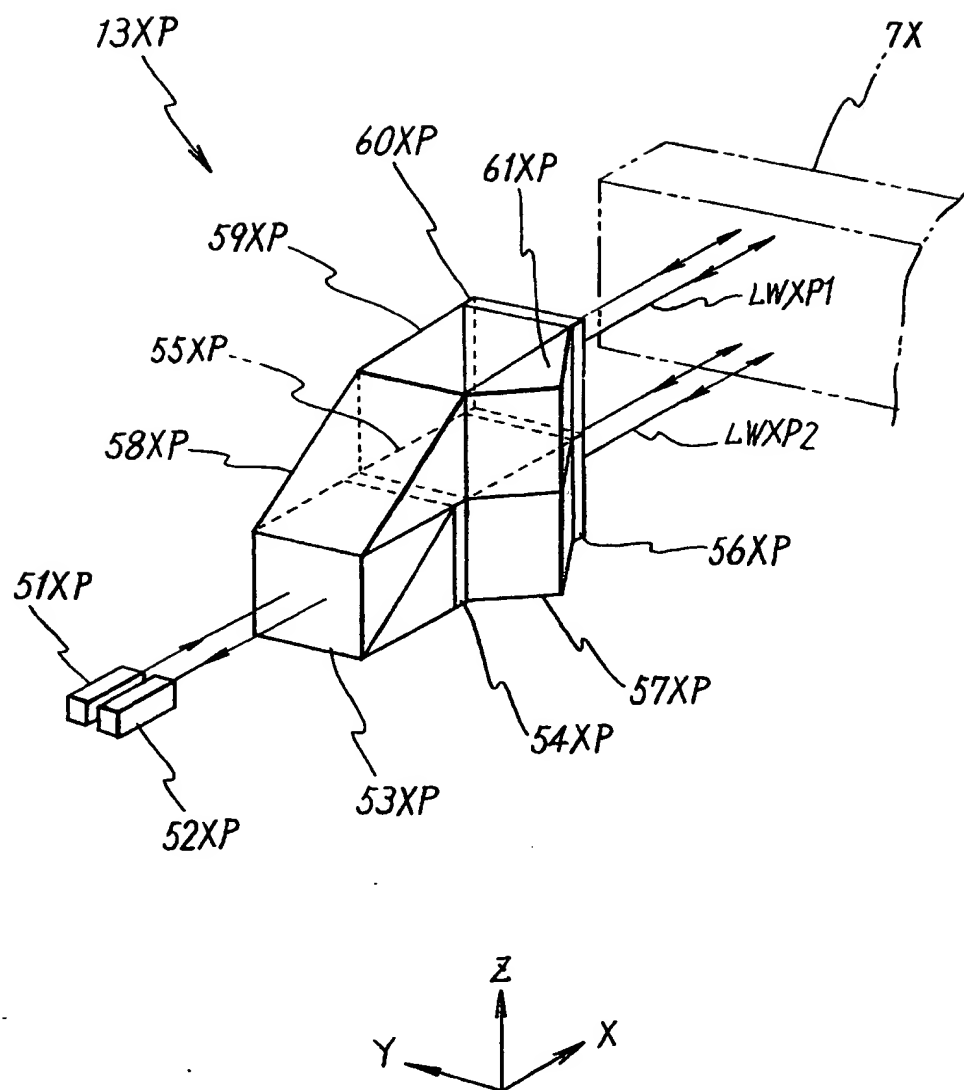


Fig. 8

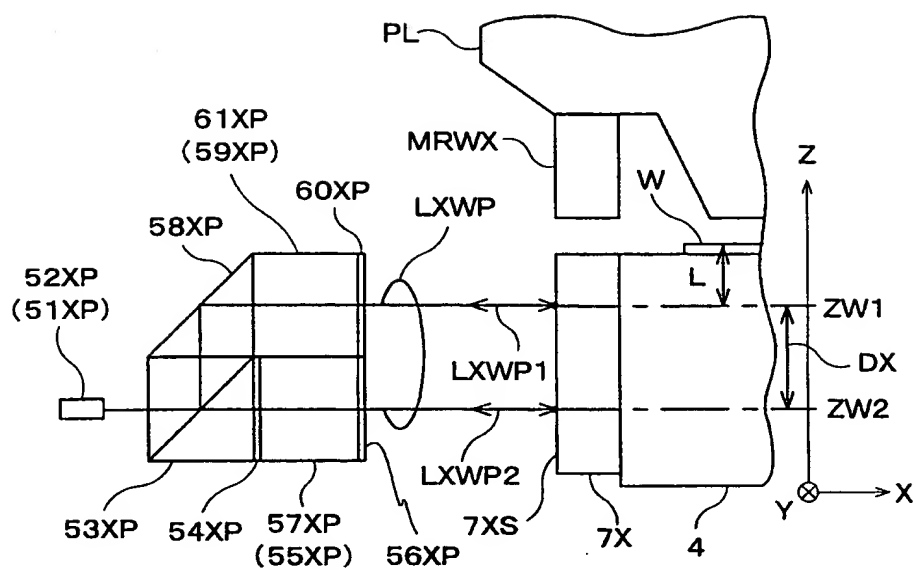


Fig. 9

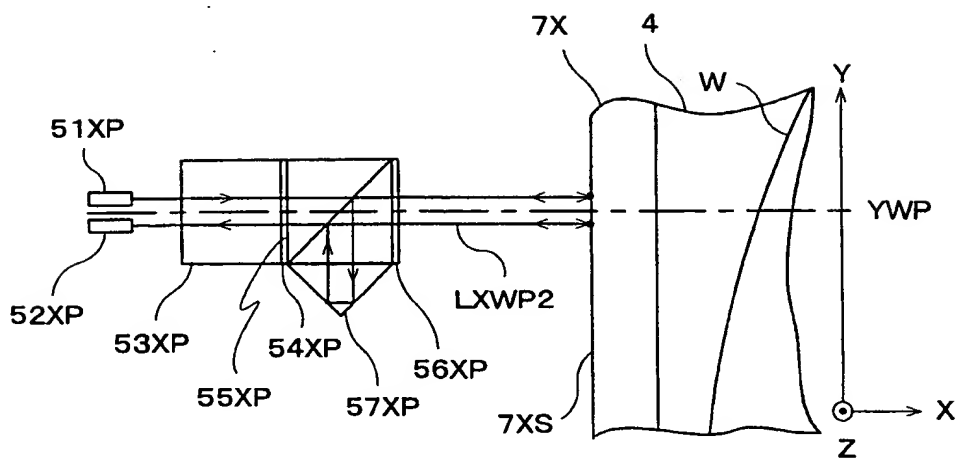


Fig. 10

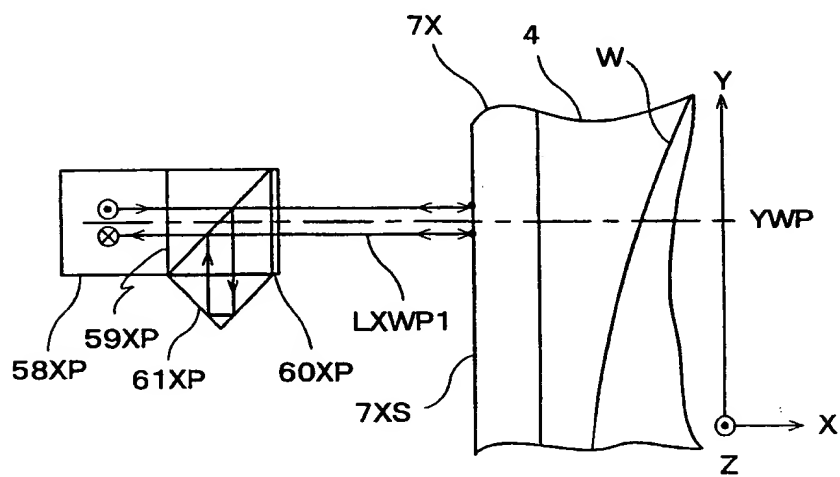


Fig. 11

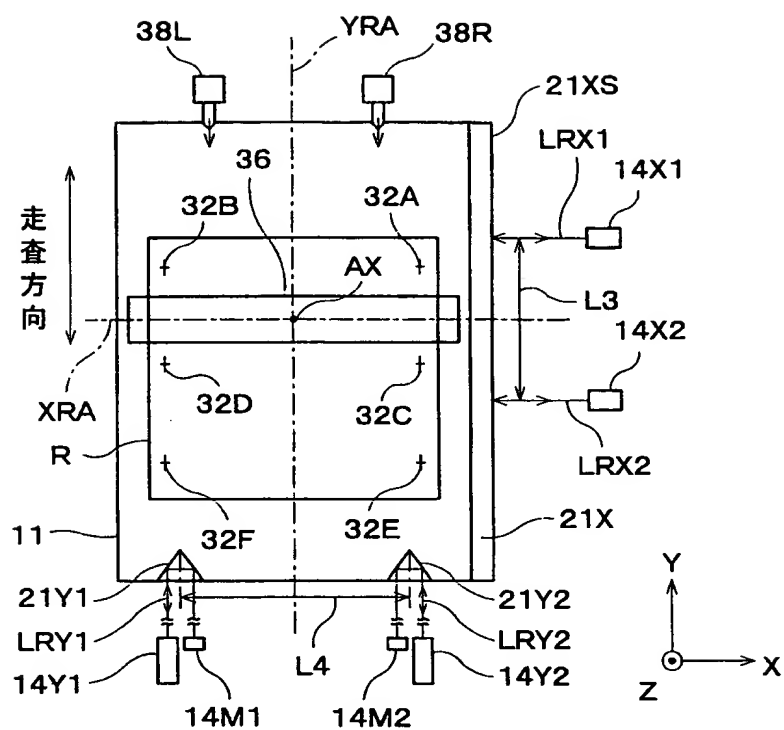


Fig. 12

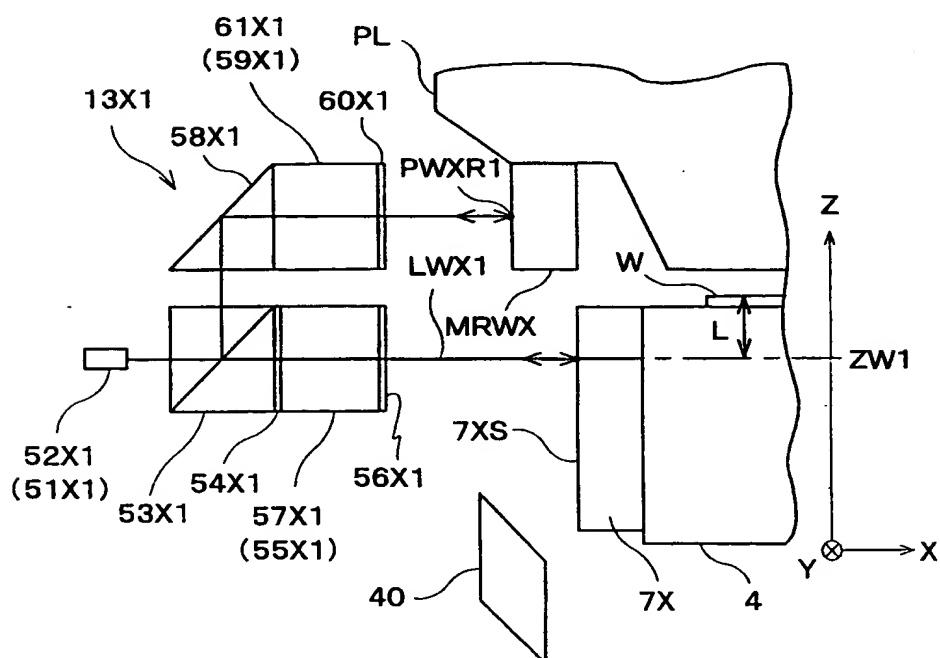


Fig. 13

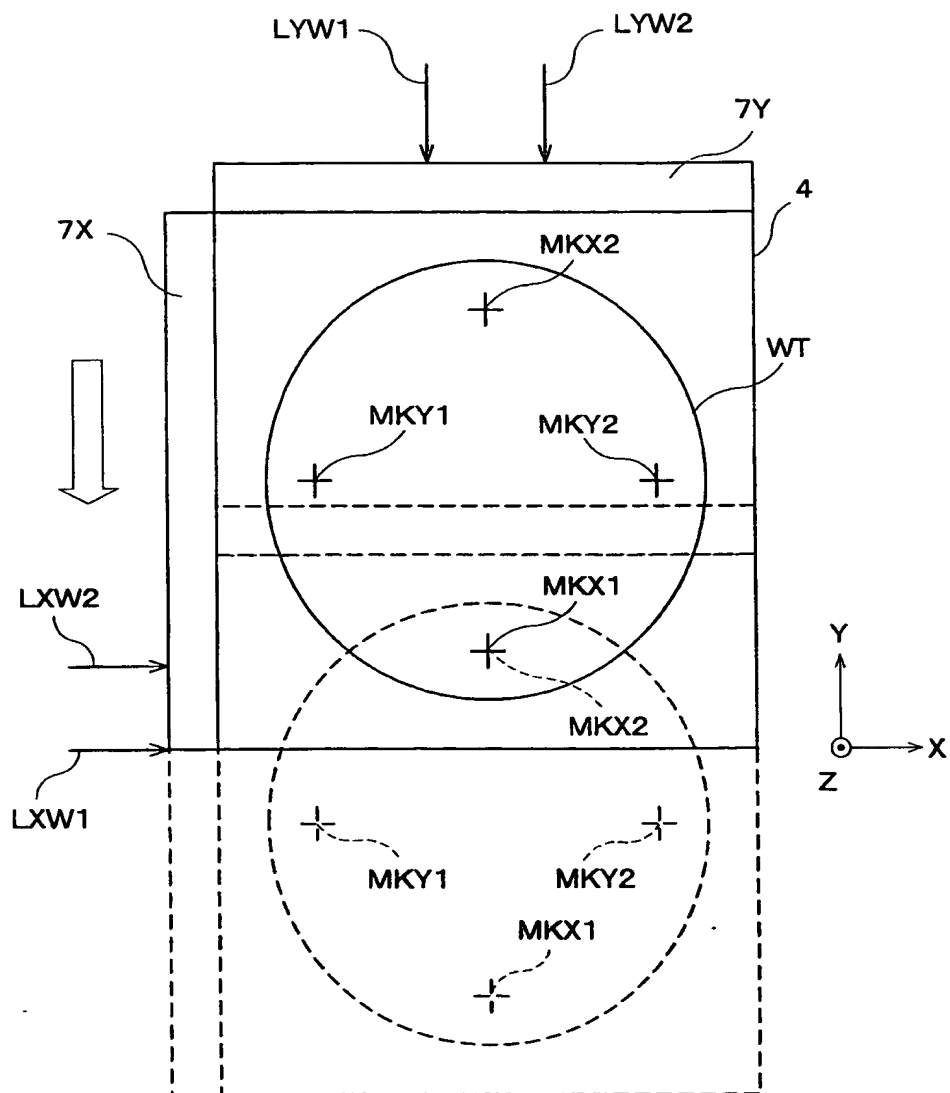


Fig. 14

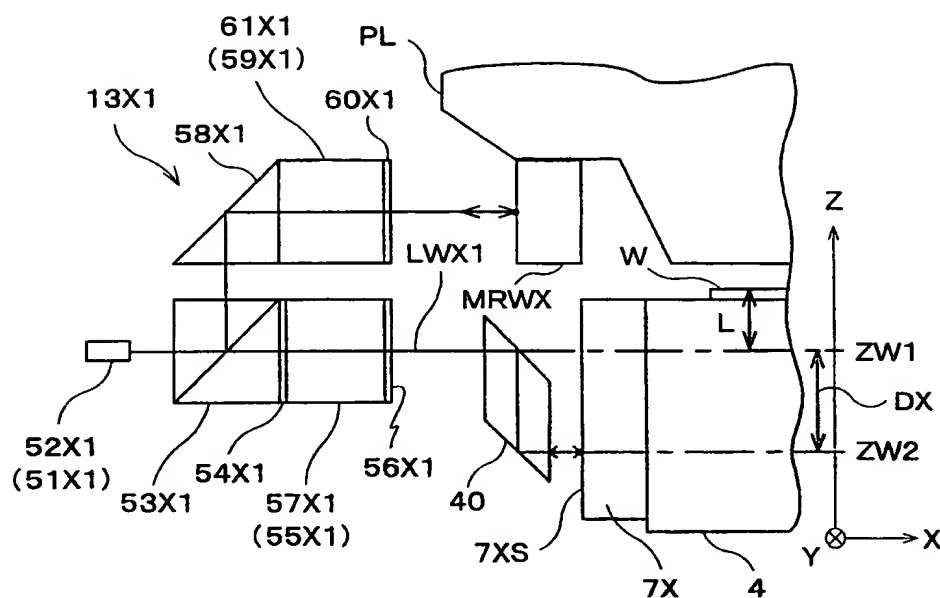


Fig. 15

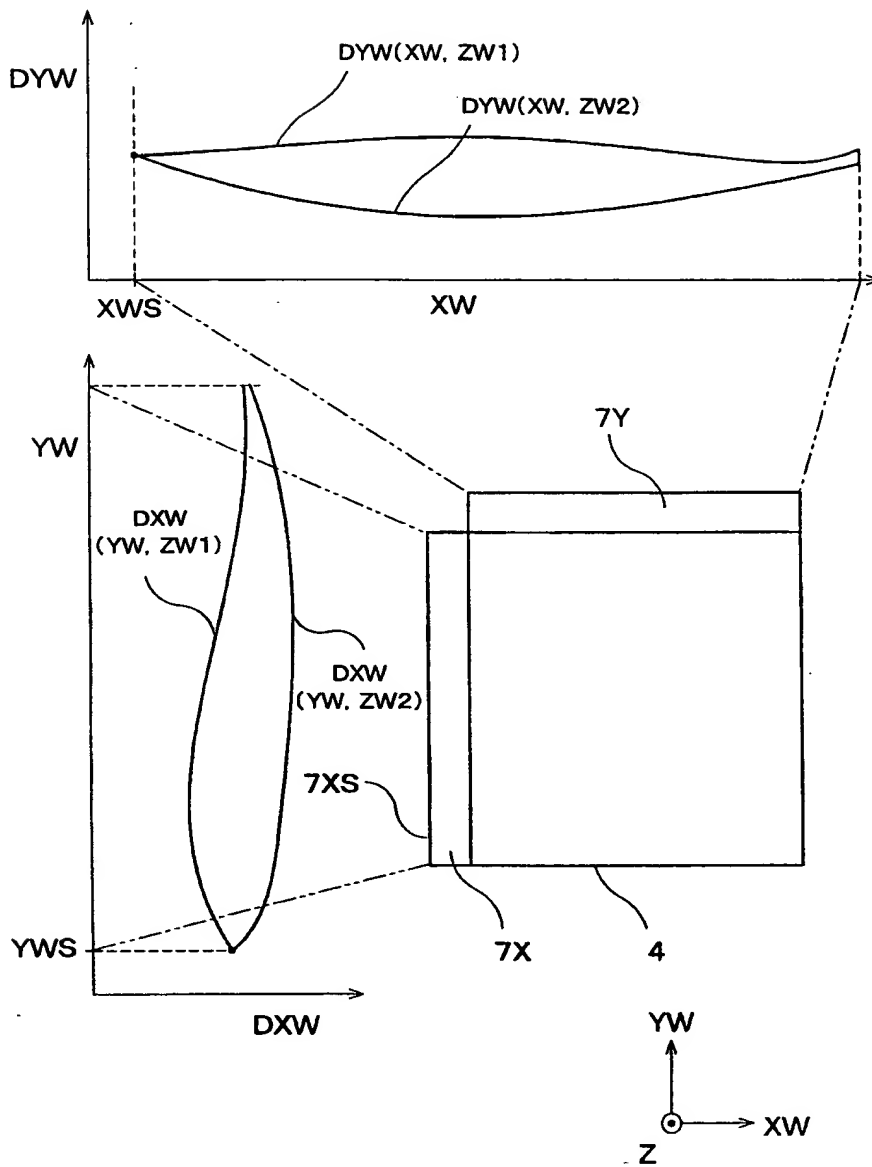


Fig. 16

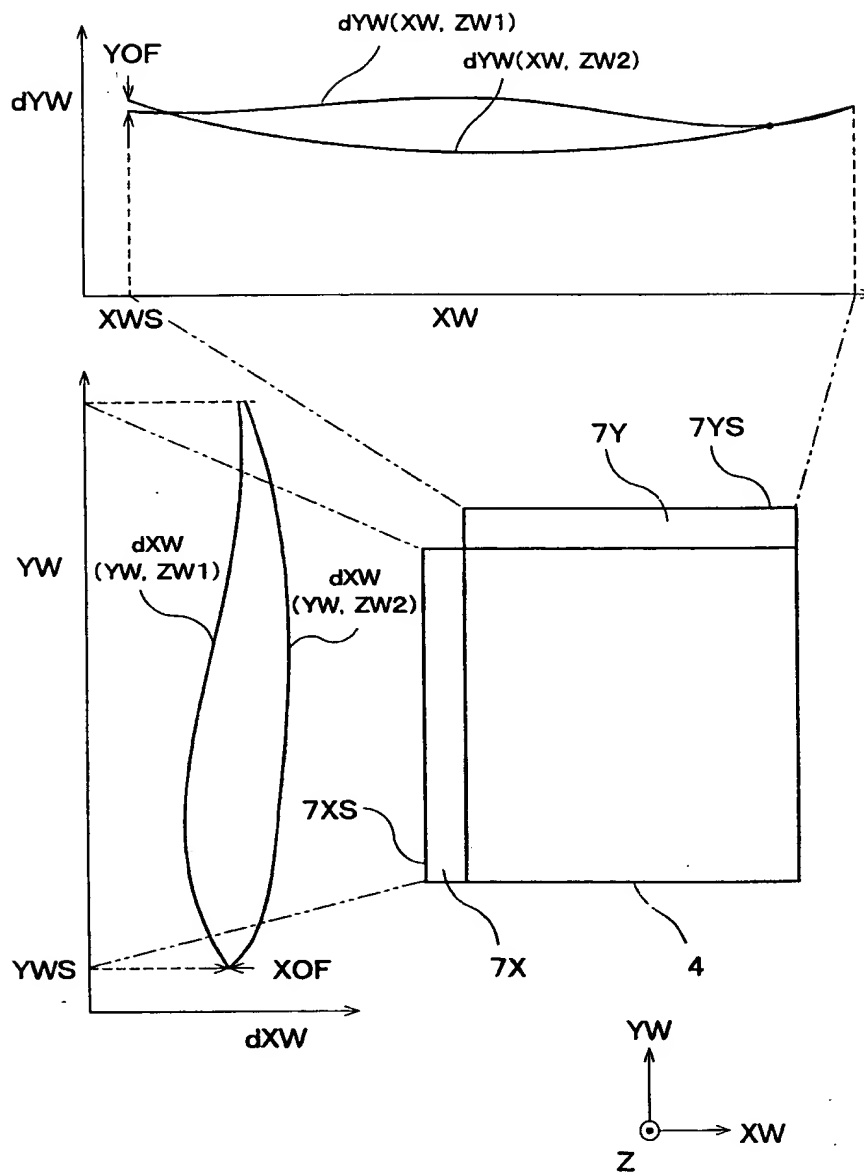




Fig. 17

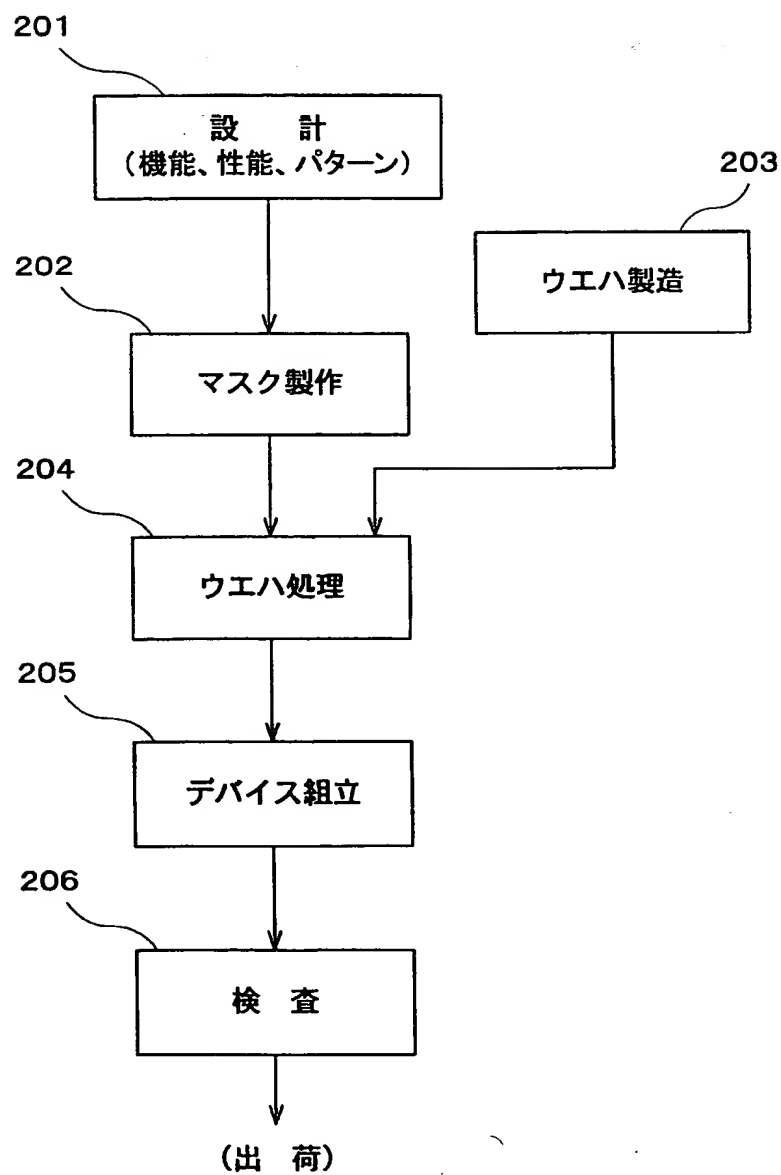
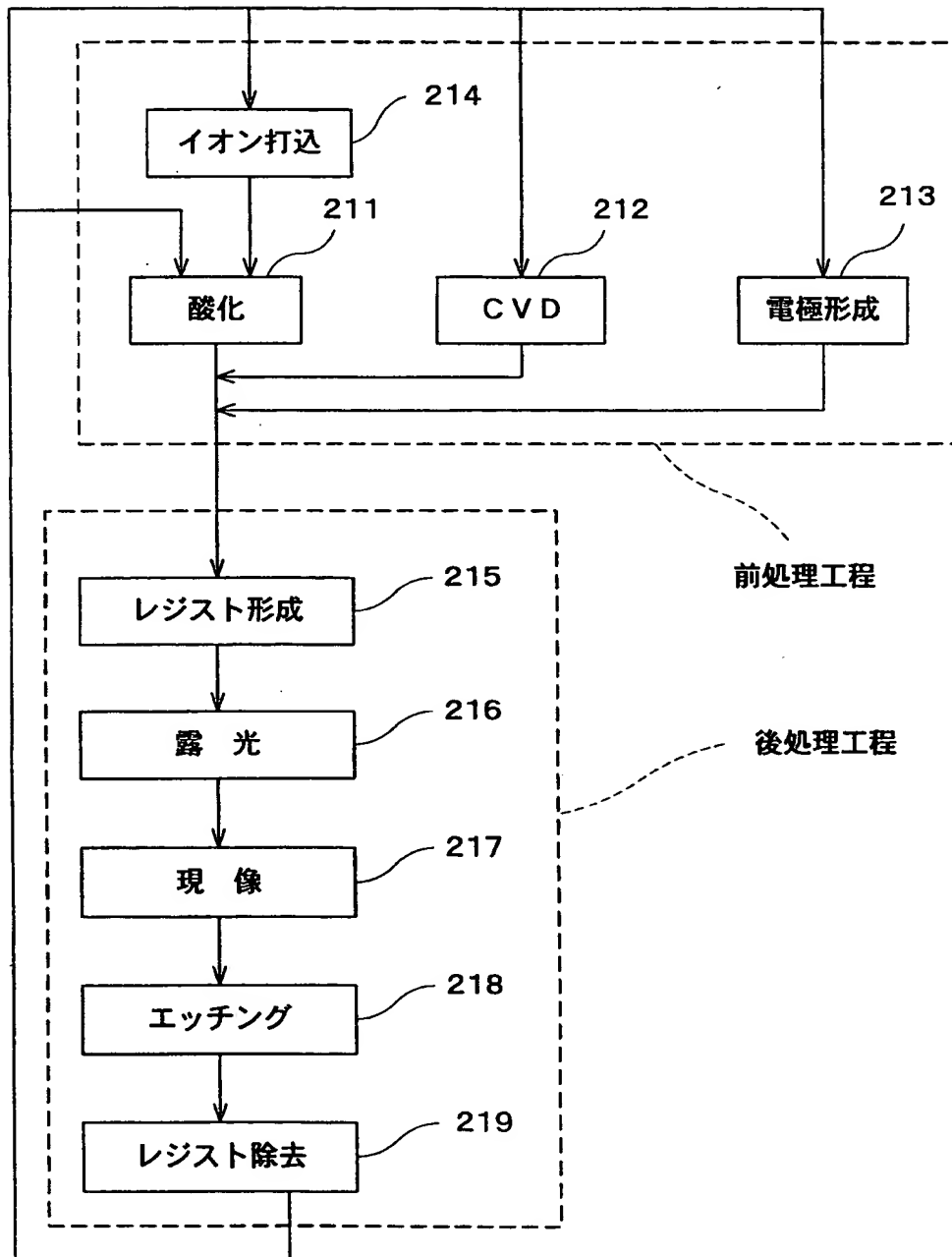
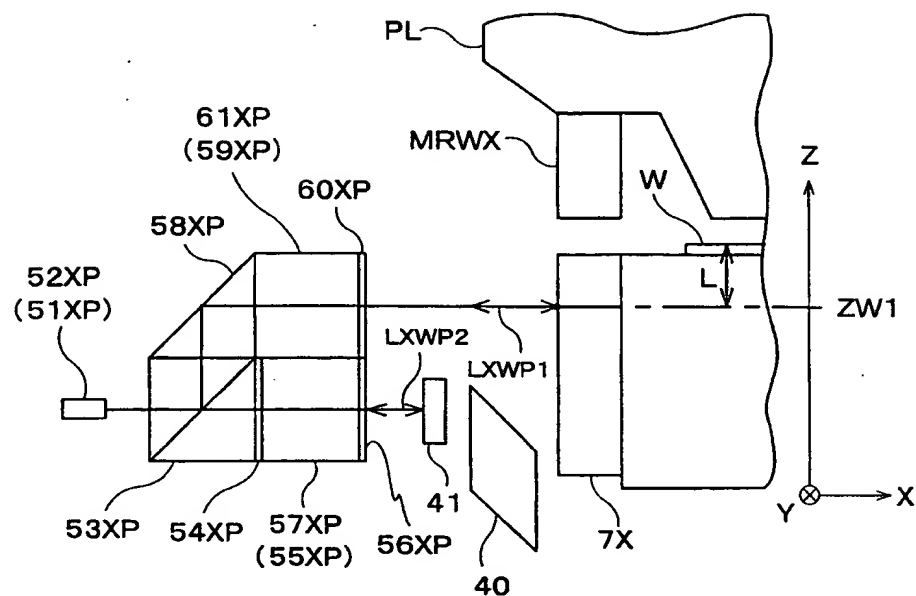


Fig. 18



**F i g. 19**



**F i g . 2 0**

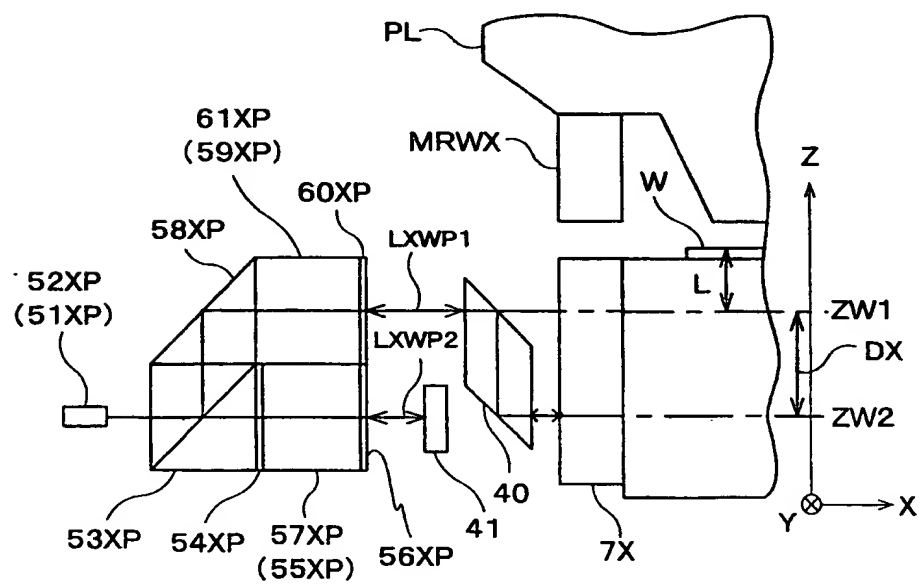


Fig. 21

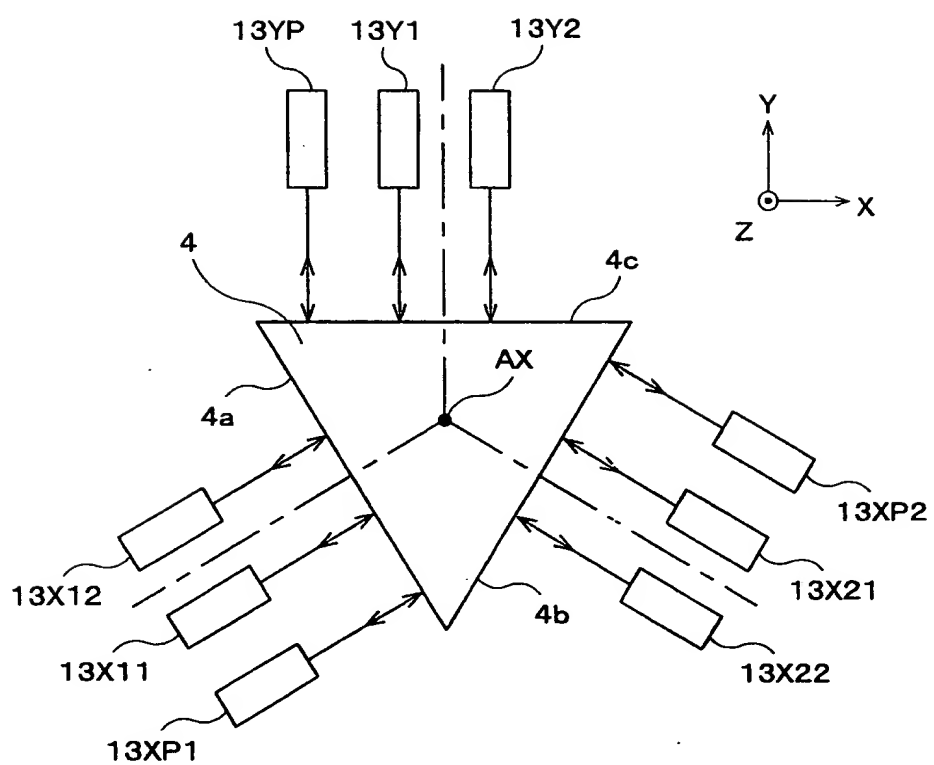


Fig. 22

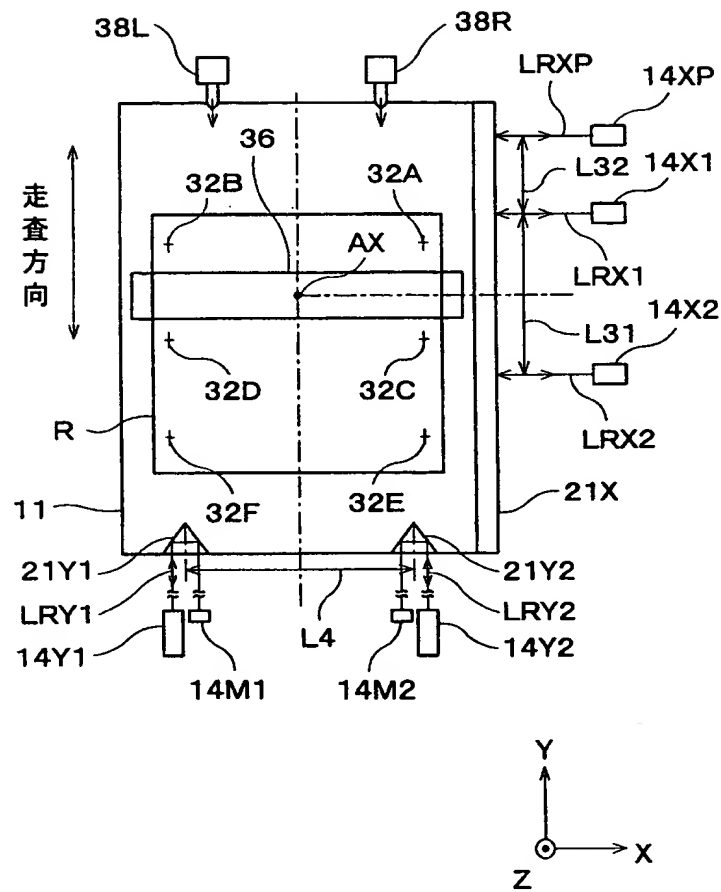




Fig. 24 A

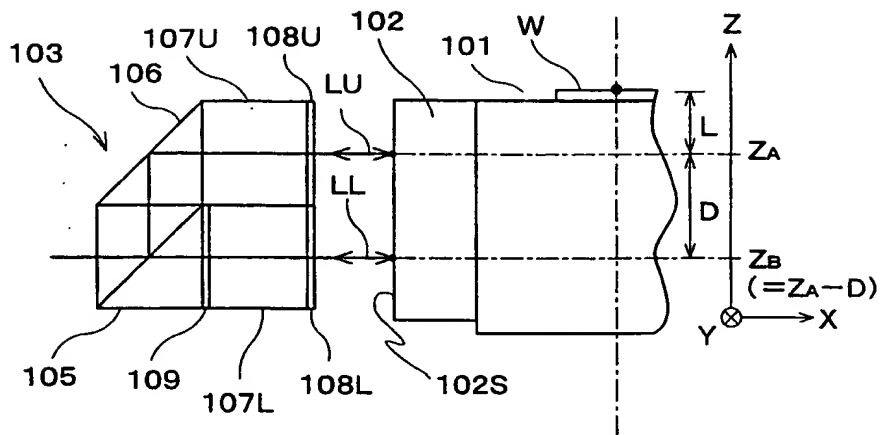


Fig. 24 B

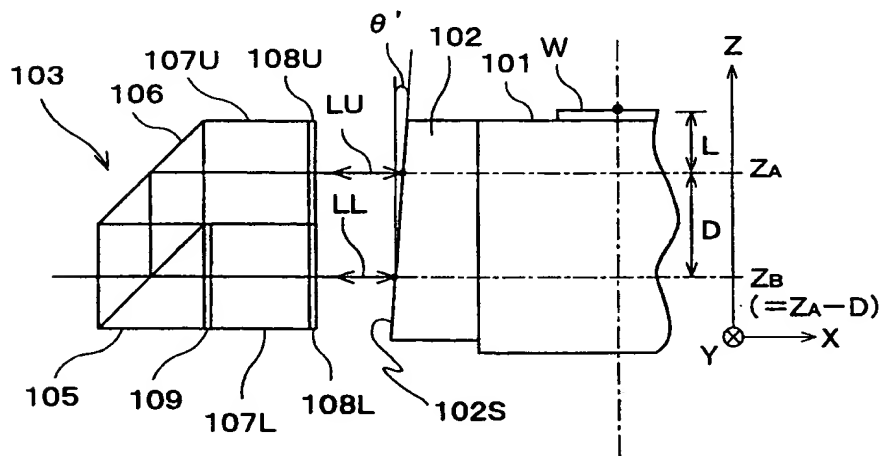
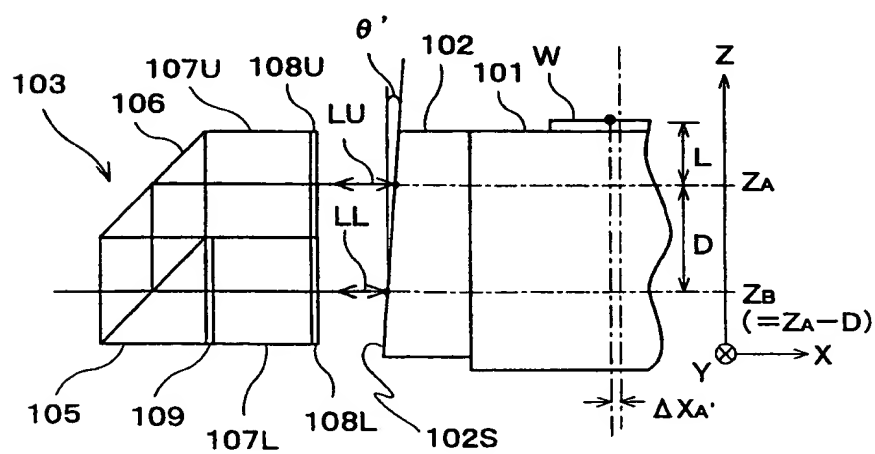


Fig. 24 C



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/05640

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G01B11/24, H01L21/027, G03F9/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G01B11/24, H01L21/027, G03F9/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2000
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2000	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US, 5757160, A (SVG Lithography Systems, Inc.), 26 May, 1998 (26.05.98), Full text; all drawings & JP, 10-261694, A & EP, 851303, A	1-41
A	JP, 10-260037, A (NIKON CORPORATION), 29 September, 1998 (29.09.98), Full text; all drawings (Family: none)	1-41
A	JP, 9-79829, A (NIKON CORPORATION), 28 March, 1997 (28.03.97), Full text; all drawings (Family: none)	1-41

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
06 January, 2000 (06.01.00)

Date of mailing of the international search report  
25 January, 2000 (25.01.00)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl <sup>7</sup> G01B11/24, H01L21/027, G03F9/00		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl <sup>7</sup> G01B11/24, H01L21/027, G03F9/00		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1922年 - 1996年 日本国公開実用新案公報 1971年 - 2000年 日本国登録実用新案公報 1994年 - 2000年 日本国実用新案登録公報 1996年 - 2000年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
WPI		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	US, 5757160, A (SVG Lithography Systems, Inc.,) 26. 5月. 1998 (26. 05. 98) 全文, 全図 & JP, 10-261694, A & EP, 851303, A	1-41
A	JP, 10-260037, A (株式会社ニコン) 29. 9月. 1998 (29. 09. 98) 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-41
A	JP, 9-79829, A (株式会社ニコン) 28. 3月. 1997 (28. 03. 97) 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-41
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願 の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	06. 01. 00	国際調査報告の発送日
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 岡田 卓弥 電話番号 03-3581-1101 内線 3256